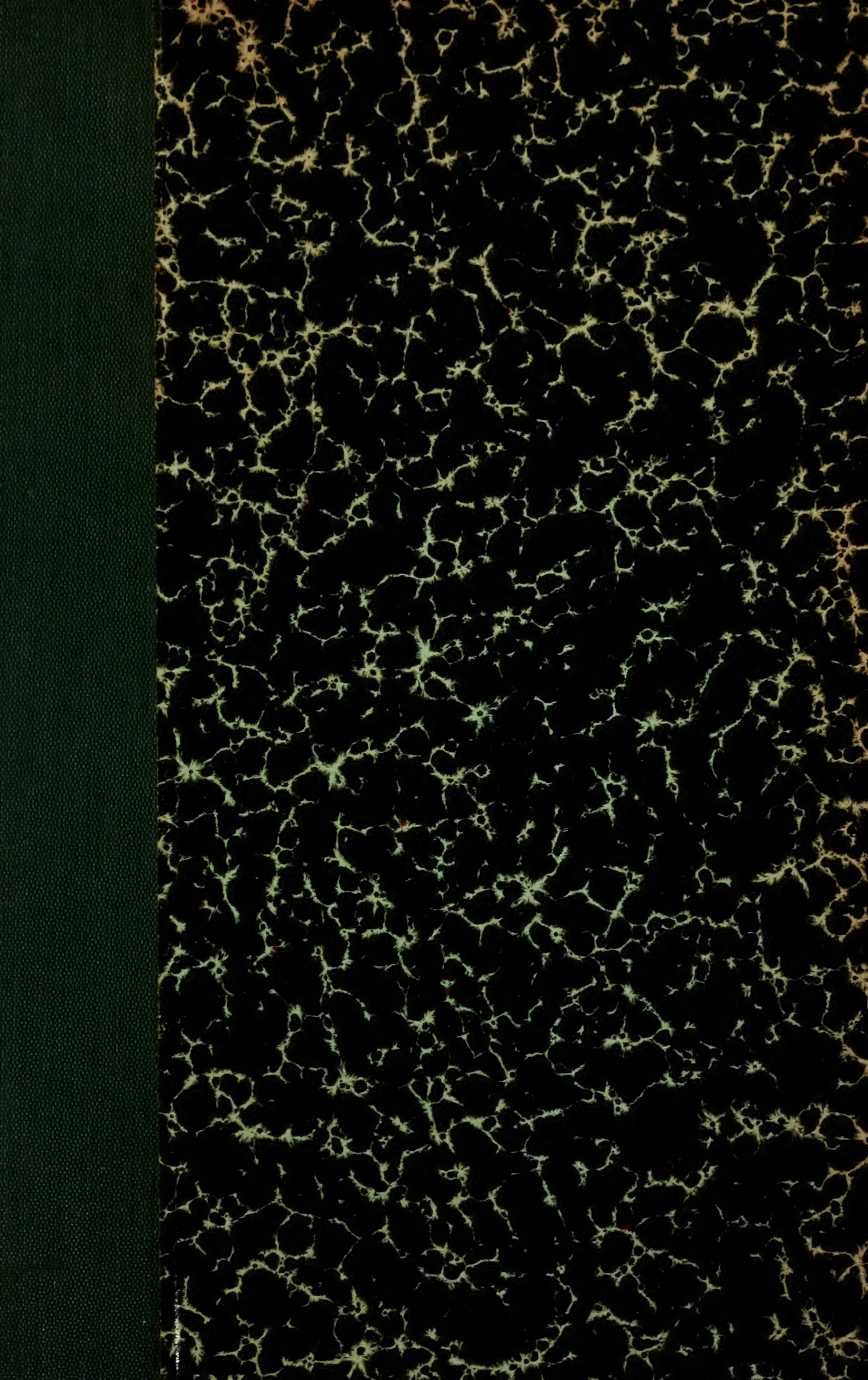
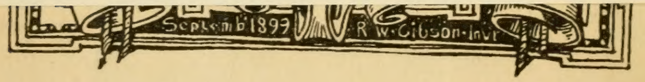



Septemb 1899
R.W. Gibson Invt

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Société générale d'imprimerie, successeur de Ch. Eggimann & Cie,
18, Pélisserie, Genève.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT DOUZIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME VINGT-QUATRIÈME

GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

PARIS — H. LE SOUDIER, 174-176, Boul. St-Germain

LONDRES — DULAU & C°, 37, Soho Square

NEW-YORK — G. E. STECHERT, 9, East 16th Street

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1907

SUR LES TRAJECTOIRES

DES

CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

SOUS

L'ACTION DU MAGNÉTISME TERRESTRE

AVEC APPLICATION AUX AURORES BORÉALES

PAR

Carl STÖRMER
Pro.esseur à l'Université de Christiania

Dans quelques notes insérées aux *Comptes-Rendus*[1] et dans un mémoire publié en anglais dans *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab, Christiania*[2], j'ai donné le résumé d'une série de recherches faites par moi dans ces dernières années, relativement au calcul des trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace sous l'action du magnétisme terrestre.

Dans ce qui suit, je vais donner un peu plus de détails, surtout en ce qui concerne l'application à la théorie de l'aurore boréale.

[1] *C. R.*, t. CXLII p. 1580 et CXLIII p. 140, 408 et 460.

[2] On the trajectories of electric corpuscules in space under the influence of terrestrial magnetism, applied to the aurora borealis and to magnetic disturbances, l. c. t. XXVIII, 1906.

CHAPITRE I

Remarques générales

1. *Les expériences de M. Birkeland et son hypothèse sur les aurores boréales.*

En 1896, M. Birkeland publia dans les *Archives*[1] un mémoire sur le phénomène qu'il a appelé la succion des rayons cathodiques vers un pôle magnétique. Guidé par ces phénomènes, il dit, après avoir cité l'hypothèse du météorologiste danois Paulsen, selon laquelle l'aurore boréale provient d'une phosphorescence de l'air due à des rayons cathodiques venant des plus hautes couches de l'atmosphère :

« D'après ce qui précède, on peut admettre que les « rayons proviennent de l'espace cosmique et sont sur- « tout absorbés au pôle magnétique terrestre et qu'il « faut les attribuer d'une manière ou de l'autre au « soleil ».

Plus tard, M. Birkeland est revenu à plusieurs reprises sur cette idée, en la développant davantage; ainsi, dans son mémoire sur les taches du soleil[2] il considère les taches comme centres d'émission de rayons cathodiques causant l'aurore ; mais, c'est surtout dans le travail : *Expédition norvégienne 1899-1900 pour l'étude des aurores boréales*[3] qu'il a rendu son hypothèse probable par une série d'expériences extrêmement intéressantes, où il a exposé un petit globe

[1] *Archives,* 1896, 4e période, t. I, p. 497.
[2] *Videnskabs Selskabets Skrifter* 1899. Christiania, p. 2 et p. 167.
[3] *Videnskabs Selskabets Skrifter* 1902, p. 39 et 74.

magnétique à un faiseau de rayons cathodiques. Nous reviendrons plus loin sur ces expériences.

Il faut aussi citer la théorie d'Arrhenius[1] datant de l'année 1900, d'après laquelle l'aurore boréale est due plus ou moins directement à de petits *grains de matière* ayant un diamètre de 0.0001 jusqu'à 0.001 de mm., écartés du soleil par *la force répulsive de la lumière* et chargés d'électricité négative.

Nous allons maintenant revenir aux expériences de M. Birkeland et, comme elles ont une grande importance pour ce qui va suivre nous allons reproduire textuellement la description même que l'auteur en a faite dans son travail sur l'Expédition norvégienne, etc. p. 39.

« D'après les résultats précédemment exposés de « notre expédition des aurores boréales, il semble qu'il « doive y avoir un intérêt considérable à examiner « quels phénomènes on observera en exposant un globe « magnétique à des radiations cathodiques dans de l'air « raréfié.

« ..... J'ai jusqu'à présent fait deux séries d'expé- « riences pour tirer cette question au clair. Dans ces « expériences, je me suis servi de tubes à décharge de « formes et de dimensions variées. L'électroaimant « sphérique qui devait représenter la terre était en- « touré d'une mince écorce en laiton, recouverte d'une « couche de cyanure double de baryum et de platine. « Elle avait dans la première série d'expériences un « diamètre de 40 mm. et de 75 mm. dans la seconde.

« ..... La sphère électro-magnétique était dans mon

[1] *Ofversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar.* 1900, Stockholm.

« expérience exposée à un courant de rayons cathodi-
« ques à peu près parallèles. Comme source d'électri-
« cité chargée de développer ces rayons, nous nous
« servions soit d'une machine à influence à 20 feuilles,
« soit d'une bobine de Ruhmkorff. Avec la machine à
« influence, on obtient un courant continu et par suite
« un potentiel de décharge relativement minime, même
« quand le gaz du tube de décharge est très raréfié ; on
« a par suite l'avantage d'obtenir des rayons cathodi-
« ques faciles à dévier par des forces magnétiques, en
« même temps qu'ils sont faiblement absorbés par le
« gaz très raréfié du tube.

« Aussitôt qu'on met l'électroaimant sphérique en
« activité, les rayons cathodiques, qui avaient d'abord
« donné lieu à une phosphorescence régulière de l'hé-
« misphère tourné vers la cathode, sont écartés de la
« surface de la sphère, sauf en certains endroits des
« régions polaires. On voit ici, au pôle nord comme au
« pôle sud, les rayons aspirés former un coin de lumière
« à structure rayonnée pouvant s'observer distinctement
« jusqu'à 5 cm. de la sphère, et se précipitant oblique-
« ment vers le globe. Ces deux coins lumineux vont
« frapper la surface de la sphère et s'y manifestent par
« deux étroites bandes phosphorescentes, une au voisi-
« nage de chaque pôle. Chacune d'elles s'étend à peu
« près le long du parallèle d'environ 70°, à partir du
« point de la sphère dans le méridien duquel la cathode
« culmine et jusque très avant dans le côté soir du petit
« modèle de la terre, la cathode supposée représenter
« le soleil. Il n'y a pas de lueurs analogues du côté
« matin et matinée de la sphère. Les coins lumineux en
« question se maintiennent sans grande variation pen-

« dant la rotation diurne de la « petite Terre », seule-
« ment la surface de la sphère est frappée à une latitude
« un peu plus méridionale que de coutume, lorsqu'il
« est midi dans les régions entourant le pôle d'intensité
« maximum.

« Outre ces coins lumineux que l'on voit toujours as-
« pirés vers les régions polaires de l'électro-aimant
« sphérique, j'ai pu parfois observer jusqu'à 3 tourbil-
« lons de courants autour de la sphère ; ils se mani-
« festent par des anneaux lumineux bien définis voisins
« de la sphère. L'un de ces anneaux est équatorial et
« enceint le petit modèle de la Terre presque à la façon
« d'un anneau de Saturne. Les deux autres font un
« demi-tour autour de chacun des deux pôles, pour
« obliquer ensuite vers les régions équatoriales. A quel-
« ques oscillations près, ces anneaux conservent leur
« place dans l'espace pendant la rotation de l'électro-
« aimant sphérique autour de son axe, mais leur posi-
« tion dépend dans une forte mesure de l'état magné-
« tique de la sphère.

« On peut observer, au sujet de ces anneaux lumineux,
« mais surtout avec l'anneau équatorial, un phénomène
« excessivement intéressant. On voit que la surface de
« l'électroaimant enduite de cyanure double de baryum
« et de platine devient parfois fortement phosphores-
« cente juste au-dessous de l'anneau lumineux situé en
« dehors d'elle. Ceci est surtout frappant du côté de la
« sphère opposé à la cathode, côté qui reste donc dans
« tous les cas situé dans l'ombre.

« ..... Je n'ai malheureusement pas pu photogra-
« phier tous ces remarquables phénomènes lumineux
« observés au cours de ces expériences, mon dernier

« tube de décharge s'étant brisé par accident, juste « au moment où j'allais commencer à les photogra-« phier..... ».

M. Birkeland a eu l'obligeance de me permettre de publier ici quelques photographies récentes (voir les figures 1 et 2), en y joignant la description suivante :

« La figure 1 montre le tube de décharge avec la



fig. 1.

« petite terre magnétique suspendue à l'intérieur. Le « globe qui a un diamètre de 100^{mm}, est recouvert d'une « couche de cyanure double de platine et de baryum. « Le pôle magnétique sud, qui est tourné en haut, est « marqué par une croix. Les rayons cathodiques for-« mant l'anneau équatorial sont ici relativement peu « déviables et l'aimentation du globe n'est pas bien « forte.

« La figure 2 représente un globe magnétique ayant « un diamètre de 60^{mm} muni d'un écran phosphores-



Fig. 2.

« cente, les photographies étant prises dans des direc-
« tions faisant des angles de 120° et de 240° avec la
« ligne qui va du centre de la cathode au centre du
« globe, ces angles étant comptés dans le plan hori-
« zontal et de l'ouest à l'est en passant par le sud.
« L'écran se trouve à une distance angulaire de 270°
« de cette même ligne.

« Dans cette expérience les rayons cathodiques sont
« très déviables et l'aimantation du globe excessivement
« forte ; l'électroaimant s'échauffe p. ex. à 100° C
« environ en une vingtaine de secondes. Les rayons
« cathodiques frappent le globe sur deux bandes entou-
« rant les pôles magnétiques et rappelant les ceintures

« de fréquence maximum des aurores boréales. Il est « plus facile d'obtenir des bandes polaires *étroites* sur « un petit globe, à moins que l'on ne dispose d'un tube « de décharge de dimensions relativement énormes.

« Comme source d'électricité on s'est servi d'une « bobine de Ruhmkorff ».

Dans un rapport qui se trouve en préparation, sur l'expédition norvégienne de 1902-1903 pour l'étude des aurores boréales, M. Birkeland publiera une série complète de photographies de ces expériences, faites en utilisant comme source une machine système Thury de 20.000 volts, à courant continu.

Dans ce qui va suivre, nous allons voir qu'il est possible, par l'analyse mathématique, et en partant de lois régissant le mouvement des corpuscules dans un champ magnétique, d'expliquer non seulement les traits essentiels des expériences de M. Birkeland, mais aussi une série d'expériences plus récentes de M. Villard. Au surplus, cette même analyse donne des moyens de retrouver théoriquement une série de propriétés caractéristiques des phénomènes d'aurores boréales et des perturbations magnétiques.

2. *Problèmes fondamentaux à résoudre quand il s'agit de trouver les trajectoires des corpuscules électriques sous l'action du magnétisme terrestre.*

Si l'on admet, avec M. Birkeland et d'autres, que l'aurore boréale et les perturbations magnétiques sont dues à des corpuscules électriques (rayons cathodiques ou rayons analogues par exemple) venant de l'espace cosmique, il faut, soit expérimentalement, comme

M. Birkeland, soit théoriquemnt, trouver les trajectoires de tels corpuscules sous l'action du champ magnétique de la terre. Vu la difficulté du problème, on doit commencer pour simplifier, par faire une série d'hypothèses.

Quand on aura réussi à résoudre le problème ainsi simplifié on essaiera de résoudre le problème primitif. Nous allons d'abord énumérer les hypothèses :

1° Nous négligeons les mouvements propres de la terre et du soleil pour ne considérer que leurs positions relatives; en effet, à cause des vitesses enormes des corpuscules en question, cette position relative ne change pas sensiblement pendant qu'un corpuscule chemine du soleil à la terre.

2° Nous supposons que les corpuscules ne sont pas soumis à d'autres forces que le magnétisme terrestre et qu'ils suivent les lois qu'on a observées pour les rayons cathodiques dans un champ magnétique.

Nous négligeons donc l'action de la pesanteur et des charges électriques possibles des corps célestes, ainsi que la force répulsive de la lumière.[1] Enfin, nous faisons abstraction du magnétisme possible des autres corps célestes par exemple du soleil, de la lune et des planètes Vénus et Mercure ; si ces corps sont entourés de champs magnétiques, les méthodes ici exposées permettent cependant de le vérifier, comme on peut par le calcul trouver des corps célestes, d'ailleurs incon nus par les perturbations qu'ils excercent (cfr. la découverte de Neptune).

[1] Dans une note qui vient d'être imprimée dans les « *Videnskabs Selskabets Skrifter* », j'ai fait voir comment on peut tenir compte de ces actions.

3° Enfin, relativement au magnétisme terrestre, nous le supposons dû à des masses magnétiques situées à l'intérieur de la terre, de manière qu'on a pour le potentiel magnétique dans l'espace la représentation connue en série convergente suivant les puissances de $\frac{R}{r}$ R étant le rayon de la terre et r le rayon vecteur, et avec des coefficients qui sont des fonctions de Laplace[1].

En partant de ces hypothèses, on est obligé, pour calculer théoriquement l'aspect des phénomènes d'aurore boréale et des perturbations magnétiques, de résoudre le problème consistant à trouver les trajectoires des corpuscules sous l'action du magnétisme terrestre. Ce problème se simplifie ensuite considérablement pour le cas, où la distance de la terre excède par exemple 1 million de km. : en effet, les termes prépondérants dans la série pour le potentiel magnétique mettent en évidence ce fait connu qu'à de pareilles distances le champ magnétique de la terre peut être regardé, avec beaucoup d'approximation, comme étant dû à un aimant élémentaire, d'un moment égal à environ 8.52×10^{25} unités magnétiques, placé au centre de la terre, son axe coincidant avec l'axe magnétique de celle-ci.

Il faut donc d'abord résoudre le problème fondamental consistant à *trouver les trajectoires des corpuscules électriques dans le champ d'un aimant élémentaire.*

Ceci est un problème analogue à celui résolu par M. Poincaré, à savoir : trouver les trajectoires des corpuscules électriques dans le champ d'un seul pôle

[1] Voir par exemple Gauss' Werke: Allgemeine Theorie des Erdmagnetismus.

magnétique, problème dont la solution a expliqué complètement le beau phénomène de la succion des rayons cathodiques vers un pôle magnétique, phénomène découvert par M. Birkeland [1] en 1895.

Comme on se rappelle, le résultat de M. Poincaré était qu'un corpuscule électrique se mouvant dans le champ magnétique d'un seul pôle décrit une ligne géodésique sur un cône de révolution ayant son sommet au pôle.

Le problème fondamental indiqué plus haut est beaucoup plus difficile à résoudre. Quoique l'intégration complète des équations différentielles des trajectoires n'ait pas réussi, on verra cependant dans ce qui suit une série de résultats obtenus soit par la théorie, soit par les puissantes méthodes d'intégration numérique, méthodes qui ont déjà rendu de si grands services à l'astronomie et à la physique mathématique.

3. *Equations différentielles de la trajectoire d'un corpuscule électrique dans un champ magnétique.*

Considérons un champ magnétique dans le vide et un corpuscule électrique se mouvant dans ce champ. Ordinairement on déduit les équations de la trajectoire en appliquant la loi de Biot-Savart. Mais il est facile de voir que cela n'est pas nécessaire : en effet, en partant *des propriétés géométriques* des trajectoires, propriétés qui peuvent être vérifiées par l'expérience, on établit facilement les équations différentielles de la trajectoire. Ces propriétés sont les suivantes :

1° La normale principale en un point de la trajectoire

[1] *Archives des sciences phys. et nat.*, 1898, t. VI, p. 205.

est normale au plan passant par la tangente et par la force magnétique.

2° Le rayon de courbure ρ varie en raison inverse du produit P sin ω, P étant la force magnétique et ω étant l'angle entre la direction du mouvement et celle de la force.

3° Si la charge d'électricité est positive (par exemple, les « Kanalstrahlen » de M. Goldstein, les rayons α du Radium), on aura le centre de courbure à gauche, si l'on s'imagine qu'on nage dans la direction du mouvement, en regardant dans la direction de la force magnétique. Si au contraire, la charge est négative (par exemple les rayons cathodiques et les rayons β du Radium) on aura le centre de courbure à droite.

Cela posé, cherchons d'abord une expression pour le rayon de courbure. Soit H_0 la valeur de la force magnétique en un point où la trajectoire lui est normale et soit ρ_0 la valeur correspondante du rayon de courbure. D'après 2° on aura :

$$\rho \text{ P} \sin \omega = \rho_0 \text{ H}_0 \sin 90°$$

ce qui donne

$$\rho = \frac{\text{H}_0 \rho_0}{\text{P} \sin \omega} \tag{1}$$

Le produit $H_0\rho_0$ est caractéristique pour la nature du corpuscule et peut comme on le sait être déterminé par l'expérience. Si H_0 et ρ_0 sont comptés dans le système d'unités C. G. S., le produit $H_0\rho_0$ varie entre 100 et 600 pour les rayons cathodiques, entre 1500 et 5000 pour les rayons β du Radium, entre 7500 et 400000 pour les « Kanalstrahlen » et entre 290000 et 400000 pour les rayons α du Radium.

Pour trouver les équations différentielles de la tra-

jectoire, appliquons les lois 1° et 3°. Nous prenons pour variable indépendante l'arc s de la trajectoire compté positif dans la direction du mouvement. Choisissons un système de coordonnées cartésiennes arbitraires et soient x, y, z, les coordonnées d'un point de la trajectoire, (Voir fig. 3); alors les cosinus directeurs de la tangente sont :

$$\frac{dx}{ds}\,, \quad \frac{dy}{ds} \quad \text{et} \quad \frac{dz}{ds}$$

fig. 3.

D'autre part, les cosinus directeurs de la normale principale vers le centre de courbure sont :

$$\rho\,\frac{d^2x}{ds^2}\,, \quad \rho\,\frac{d^2y}{ds^2} \quad \text{et} \quad \rho\,\frac{d^2z}{ds^2}$$

Enfin, si X, Y et Z désignent les projections de P sur les axes de coordonnées, les cosinus directeurs de la force P sont :

$$\frac{X}{P}\,, \quad \frac{Y}{P} \quad \text{et} \quad \frac{Z}{P}$$

Alors si la situation relative des axes des coordonnées est comme sur la figure 3, les lois 1° et 3° donnent d'après les régles bien connues de la géométrie analytique[1], entre ces neuf cosinus directeurs les relations suivantes (voir fig. 3) :

$$\pm \rho \frac{d^2x}{ds^2} = \frac{1}{\sin \omega}\left[\frac{Y}{P}\frac{dz}{ds} - \frac{Z}{P}\frac{dy}{ds}\right]$$
$$\pm \rho \frac{dy^2}{ds^2} = \frac{1}{\sin \omega}\left[\frac{Z}{P}\frac{dx}{ds} - \frac{X}{P}\frac{dz}{ds}\right]$$
$$\pm \rho \frac{d^2z}{ds^2} = \frac{1}{\sin \omega}\left[\frac{X}{P}\frac{dy}{ds} - \frac{Y}{P}\frac{dx}{ds}\right]$$

où il faut choisir le signe $+$ ou le signe $-$, selon que la charge du corpuscule est positive ou négative.

Mais en appliquant la formule (1) pour le rayon de courbure, le système sera réduit au suivant :

$$\left.\begin{aligned} \pm H_0 \rho_0 \frac{d^2x}{ds^2} &= Y\frac{dz}{ds} - Z\frac{dy}{ds} \\ \pm H_0 \rho_0 \frac{d^2y}{ds^2} &= Z\frac{dx}{ds} - X\frac{dz}{ds} \\ \pm H_0 \rho_0 \frac{d^2z}{ds^2} &= X\frac{dy}{ds} - Y\frac{dx}{ds} \end{aligned}\right\} \qquad (I)$$

qui constitue les équations différentielles de la trajectoire.

Si l'on fait encore cette hypothèse, que la vitesse du corpuscule reste constante $= v$ pendant le mouvement, hypothèse généralement admise par les physiciens, alors on aura $s = vt$, où t est le temps. On en déduit aisément les équations différentielles correspondantes, où t est pris comme variable indépendante au lieu de s; nous ne nous en occupons pas.

(A suivre.)

[1] Voir par ex. Niewenglowski : Cours de géométrie analytique, Tome III, n° 78.

NOTE

SUR

LES ÉTOILES FONDAMENTALES DES CHINOIS

PAR

Léopold de SAUSSURE.

Comme je l'ai dit dans mon précédent article [1], les Chinois ont employé, à toutes les époques de leur histoire, 28 étoiles fondamentales servant de déterminatrices à 28 divisions équatoriales.

En 1839, le savant chronologiste Ideler s'étonnait encore du « désordre apparent » de ces 28 *sieou* et ne pouvait s'expliquer pourquoi leur amplitude différait de 2 à 32 degrés.

L'année suivante, Biot, répondant à Ideler dans le *Journal des Savants*. montra que ces divisions ne constituaient nullement un zodiaque lunaire, comme on le croyait auparavant. et comme on continue à l'affirmer sans même mentionner l'incontestable explication de l'astronome français.

Biot a révélé que la répartition des *sieou* présente

[1] *Archives* du 15 juin.

deux particularités que j'appellerai : *la correspondance des lacunes* et *l'opposition diamétrale.*

1° *Correspondance* (circompolaire) *des lacunes.* La répartition de la plupart de ces étoiles fondamentales est en rapport avec celle des principales circompolaires. Ce n'est pas à dire que chaque déterminatrice corresponde exactement à une circompolaire, car le nombre de ces dernières est supérieur à celui des premières. Mais il est manifeste que les petits *sieou* ont été choisis de manière à repérer le passage au méridien supérieur et inférieur des circompolaires, une même division englobant souvent deux ou trois de ces passages ; tandis que les grands *sieou* n'en contiennent aucun. En d'autres termes, toute circompolaire notable se trouve jalonnée, d'assez près, sur l'équateur, par une étoile fondamentale.

2° *Opposition diamétrale.* La symétrie des *sieou* est manifeste. Il suffit, je pense, de jeter un coup d'œil sur le diagramme ci-dessous pour être fixé à cet égard.

Si Biot avait inséré un tel graphique dans ses articles de 1840, il eût été impossible de ne pas se rendre à l'évidence. Mais il s'est borné à donner des tableaux numériques qui rendent fort mal compte de la chose.

Je me propose ici de signaler deux faits qui modifient et complètent ces deux constatations de Biot.

a) L'ORIGINE DES SIEOU DOIT ÊTRE ANTÉRIEURE AU 24e SIÈCLE.

Par quel procédé les Chinois ont-ils pu réaliser des oppositions diamétrales aussi remarquables ?

Notez que le passage méridien de deux étoiles équa-

toriales opposées ne peut être observé simultanément[1], ni à une même époque de l'année[2].

On ne peut supposer que cette exactitude ait été obtenue au moyen de la clepsydre ; car, dans cette phase primitive, c'est au contraire pour repérer les heures que les circompolaires étaient observées (Voy. les *Archives* du 15 juin, p. 554).

Ces oppositions ont été évidemment obtenues en choisissant, par paires, les étoiles déterminatrices a, a', sur le prolongement équatorial de la direction PA et AP (P étant le pôle et A une circompolaire) au moment du passage au méridien.

Comment donc se fait-il que la première règle énoncée par Biot se trouve moins exactement vérifiée que la deuxième ? Le contraire serait plus naturel.

Supposons que, faute d'étoile mieux située ou par suite d'une erreur d'observation, l'alignement PAa soit faux de 3° ; et que l'alignement APa' soit faux de 4°. L'opposition aa' pourra cumuler les deux erreurs et alors sera fausse de $3 + 4 = 7°$.

La première propriété (*correspondance circompolaire*) s'obtient par une observation directe, tandis que la seconde (*opposition diamétrale*) n'est qu'une conséquence dérivée de la première. Comment donc se fait-il que la seconde se trouve seule exactement réalisée, alors que sa précision dépend de celle de la première ?

Il y a une réponse très simple à cette question : c'est que l'origine des *sieou* pourrait bien être antérieure à l'époque que Biot lui assignait (le 24e siècle). Car s'il

[1] Sauf dans les régions arctiques.

[2] Sauf celles qui passent vers 6 h. du soir et du matin en hiver.

en est ainsi, le déplacement séculaire du pôle a dû, dans l'intervalle, altérer les alignements P*Aa*, AP*a'*, sans exercer, cependant, une influence sensible sur les oppositions *aa'*.

Il est évident, en effet, que le déplacement PP_1 du pôle (qui est d'environ 4°,3 en 3 siècles) produira une déviation angulaire PAP_1 d'autant plus grande que l'étoile circompolaire A est plus voisine du pôle (fig. 1).

Au contraire, les intervalles horaires entre deux étoiles *a*, *a'*, voisines de l'équateur et très éloignées

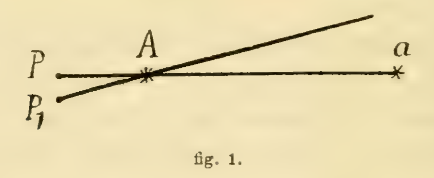


fig. 1.

l'une de l'autre, resteront sensiblement égaux sur l'équateur EE et sur l'équateur postérieur E_1E_1 (fig. 2).

Il me semble donc très probable que les corrélations circompolaires apparaîtraient beaucoup plus exactes si on les vérifiait pour une date antérieure, au moyen d'un globe céleste ; ce que je n'ai pu encore faire.

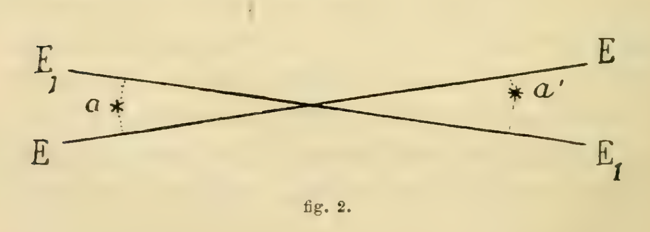


fig. 2.

Dans mon précédent article (*Archives*, p. 554) j'avais été conduit à la même hypothèse par une voie diffé-

rente, en formulant les principes généraux sur lesquels j'ai établi l'enchaînement des notions primitives et la succession logique des étapes de l'astronomie.

Il n'y a, par ailleurs, aucun motif d'attribuer au 24e siècle l'origine des *sieou*. Pourquoi Biot a-t-il choisi cette époque, plutôt qu'une autre, comme base de ses recherches ?

Parce que la plus ancienne mention des *sieou* se trouve dans un texte que la tradition attribue au règne de l'empereur *Yao* fixé approximativement au 24e siècle avant J.-C., ce que confirment les faits astronomiques indiqués par ce texte. C'était là une excellente raison de considérer cette époque comme une limite *minima* de l'ancienneté des *sieou*, mais non comme une limite *maxima*.

Puisqu'il disposait du beau globe céleste de la Faculté des Sciences, Biot pouvait très facilement comparer la répartition des circompolaires et des *sieou* aux divers siècles antérieurs. Il ne parait cependant pas en avoir eu l'idée.

Malheureusement, dit-il, une telle épreuve est fort pénible ; car les globes à pôles mobiles, même les mieux construits, ne peuvent servir pour l'effectuer, quoiqu'ils en rendent l'application plus facile ou plus évidente. En effet, ces globes représentent toujours l'inclinaison de l'écliptique à l'équateur comme constante. Et l'on n'y peut pas figurer non plus le déplacement que le plan écliptique éprouve parmi les étoiles, en vertu des perturbations planétaires. Or, ces deux sortes de variations, quoique très lentes, ont, après beaucoup de siècles, une grande influence sur la position des étoiles voisines du pôle, qui sont précisément celles auxquelles les Chinois s'attachaient. De sorte qu'en les négligeant, on altérerait ou l'on ferait disparaître les relations qu'il nous importe le plus de découvrir. Il est donc indispensable de ne se fier ici qu'à un calcul exact fondé sur les formules les plus précises de la

mécanique céleste : c'est ce que j'ai fait. J'ai cherché ainsi, numériquement, les positions des 28 déterminatrices pour l'année 2357 avant notre ère, époque présumée de l'empereur Yao, et j'ai fait le même calcul pour les étoiles du Dragon, des deux Ourses et de la Lyre que j'ai tout à l'heure indiquées. (*J. S.* 1840, p. 230).

Il était, en effet, indispensable d'établir une reconstitution rigoureusement exacte pour une date précise de la haute antiquité. Mais, ensuite, en s'appuyant sur cette base ferme, il était tout indiqué d'en comparer les résultats avec ceux de diverses autres positions du pôle, soit par des calculs approximatifs, soit au moyen d'un globe, sans tenir compte des variations secondaires qui sont insignifiantes sur un espace de deux ou trois siècles. Et il eût été même plus logique de choisir comme base précise une époque présumée moyenne (l'an 2500 par exemple), plutôt que la date minima 2357. Car, à quoi sert-il de faire des calculs rigoureux pour une époque arbitrairement choisie, si cette date diffère, en réalité, de plusieurs siècles de l'origine du système ? Cette apparente inconséquence d'un esprit si ingénieux montre que Biot croyait que les *sieou* avaient été créés aux environs immédiats du règne (d'ailleurs incertain) du légendaire *Yao*. Comme tous les autres auteurs qui ont écrit sur cette question, il attachait une grande importance au contexte des « Instructions de Yao » qui provient, en réalité, d'une interpolation très postérieure[1]. Il inclinait à croire que ces « Instructions » impliquaient la création des quatre *sieou* cardinaux par *Yao* ; et il considérait comme simultanées les considérations tropiques et stellaires qui avaient décidé de la

[1] *Toung Pao* 1907 n° 3, ou *Revue générale des Sciences* 28 févr. 1907.

répartition des *sieou*. Enfin, il semble avoir pensé que les relations découvertes par lui, confirmaient la date 2357 à un demi-siècle près (*J. S.* 1840). Il s'est donc abstenu de procéder à une contre-épreuve basée sur une date antérieure pour ces divers motifs dont aucun, cependant, n'est valable :

1° Le texte du *Yao-Tien* est un débris d'un vieil almanach. L'emploi sidéro-solaire et horaire qu'il fait des *sicou* indique une époque postérieure à leur destination primitive [1]. D'ailleurs cet emploi se rapporte plus exactement au 25e qu'au 24e siècle, comme on peut le voir sur le diagramme, où la position cardinale du soleil est déjà sortie de $2^m.5$ de la division *HO* (depuis un demi-siècle, par conséquent ; vers l'an 2400) [2].

2° L'*opposition diamétrale* dont la variation est très lente se vérifierait certainement aussi bien, sinon mieux, à une date antérieure.

3° La *correspondance circompolaire* en 2357 est assez exacte pour prouver que cette répartition est intentionelle ; mais elle ne l'est pas assez pour confirmer la date choisie par Biot. Il y a tout lieu de supposer, comme je l'ai dit, que cette correspondance se vérifierait encore mieux à une époque antérieure.

En résumé il n'existe aucune raison d'attribuer spécialement au 24e siècle l'origine des *sieou* que nous avons tout lieu de croire antérieure à cette époque.

[1] Je rétracte ce que j'ai dit dans la *Rev. gén. des sc.* au sujet de l'origine spéciale des *sieou* solaires.

[2] Ce texte place en effet les positions cardinales du soleil dans les divisions *Mao*, *Sing*, *Ho*, *Hiu*, ce qui est rigoureusement exact pour la fin du 25e siècle.

b. Oppositions diamétrales.

Le deuxième fait que j'ai à signaler se manifeste avec évidence sur le diagramme (fig. 3). Il a échappé à Biot, précisément parce qu'il opérait sur un globe céleste. Après avoir constaté les oppositions diamétrales, que l'œil ne peut embrasser dans leur ensemble sur une surface sphérique, il les a exprimées en angles. Il les a étudiées et fait connaître au moyen de tableaux numériques, en ne retenant que celles dont la dissymétrie ne dépasse pas une certaine limite.

Cette manière de procéder est défectueuse, car elle ne rend pas compte de la remarquable généralité du fait ; preuve en est qu'aucun auteur n'y a prêté attention et que Biot lui-même n'en a pas vu la véritable portée.

N'est-il pas évident, cependant, que *les étoiles 4 et 16 ne font pas partie du système et sont hétérogènes ?*

Supprimons-les donc par la pensée, et considérons les groupes 3 + 4, 15 + 16, comme formant respectivement un seul *sieou.*

Dès lors l'opposition diamétrale ne souffre plus *aucune exception* ; la symétrie 12-26, il est vrai, laisse à désirer comme exactitude ; mais 12 s'oppose néanmoins manifestement à 26.

Biot n'a pas vu cela ; et dans son tableau (*J. des S.* p. 240) il présente la loi d'opposition comme comportant d'assez nombreuses exceptions.

En outre, examinant plus loin (p. 249) la raison d'être de chaque *sieou*, il constate que 4 et 16 ne correspondent à aucune circompolaire, et il présente ce fait comme une nouvelle infraction à sa théorie.

Il n'a donc pas remarqué que ces deux *sieou* qui font exception à la première règle sont précisement les mêmes qui font exception à la deuxième.

C'est pourtant le cas de dire ici que l'*exception confirme la règle* : elle la fortifie d'une manière éclatante.

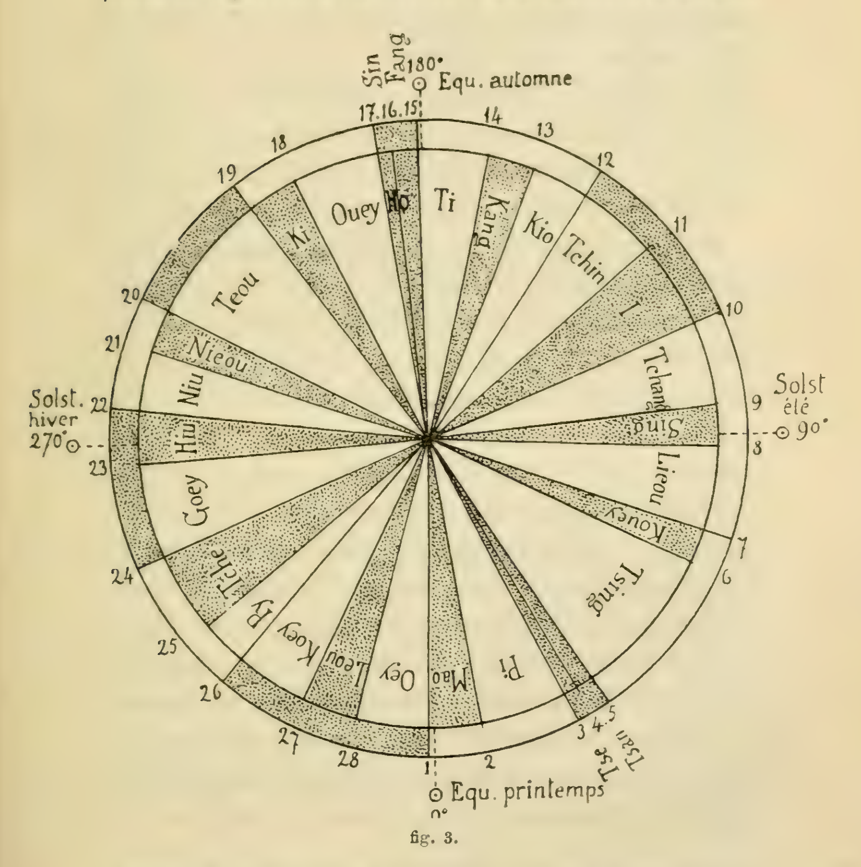


fig. 3.

Cette double coïncidence nous autorise pleinement à considérer comme hétérogènes les étoiles 4 et 16, et comme ne faisant respectivement qu'un seul *sieou* les groupes 3 + 4, 15 + 16.

Confirmations d'ordre traditionnel. Je n'ai pu découvrir la particularité astronomique qui a conduit les Chinois à cette curieuse segmentation des divisions 3 + 4 et 15 + 16 par l'adoption des deux étoiles hétérogènes 4 et 16[1]. Mais le fait en lui-même, déjà certifié par une double exception, se trouve confirmé en outre par une double tradition :

En premier lieu, il faut remarquer que le document du *Yao-Tien*, dont nous avons parlé plus haut, ne rapporte pas la position cardinale du soleil au *sieou* Fang (n° 15) mais à une ancienne division nommée *Ho*.

Biot croyait que ce terme *Ho* était simplement un synonyme archaïque de *Fang*. Mais il n'en est pas ainsi : les commentateurs, historiens et astronomes, du 1er siècle avant J.-C., nous apprennent que ce nom *Ho* désignait un groupe composé de *Fang* et de *Sin* (15 + 16).

En second lieu, dans son Traité intitulé les *Gouverneurs du Ciel*[2], Se-Ma-Tsien indique, incidemment, les correspondances astrologiques qui liaient 13 contrées de l'ancien empire à autant de régions déterminées du ciel, régions que j'ai indiquées sur le pourtour de la circonférence du diagramme. Or il est très remarquable que les groupes 3 + 4, 15 + 16 déjà signalés à notre attention par une double exception, manifestent de nouveau leur situation exceptionnelle et hétérogène dans cette division astrologique : malgré leur petitesse, ils y constituent, en effet, des unités et marchent de

[1] Le *Hia-Siao-Cheng* (calendrier de la première dynastie) note que le Timon du Char (tête de la Grande Ourse) pend verticalement lorsque 4 passe au méridien. Il est possible que ces deux étoiles soient relatives aux positions de la Grande Ourse.

[2] V. *Archives* du 25 juin, p. 557.

pair avec les groupes beaucoup plus étendus [7 + 8 + 9], [12 + 13 + 14], etc.

Ceci prouve deux choses : d'abord que la fusion, en une seule division, des *sieou* 3 + 4, 15 + 16, déjà légitimée par des considérations astronomiques, se trouve historiquement confirmée. Ensuite, que les corrélations astrologiques transmises par divers documents antérieurs à l'ère chrétienne sont d'origine fort ancienne, car elles datent évidemment de l'époque où la raison d'être de ces groupes exceptionnels était encore connue. La critique chinoise, toujours très prudente, avait mis en doute l'antiquité de ces correspondances : elle est démontrée, cependant, par les coïncidences révélées par nos calculs, ce qui atteste une fois de plus l'exactitude des traditions indigènes.

Conclusions.

Quoique Biot ait signalé dès 1840 les remarquables particularités de la répartion des *sieou*, personne, pas même lui, n'en avait établi une projection graphique, plane et synoptique. Le diagramme ci-dessus est inédit. Un coup d'œil suffit pour en saisir la portée ; et il serait, je crois, insensé de contester dorénavant 1° que les *sieou* modernes (qui ont servi de base à ces calculs rétrospectifs) sont identiques aux *sieou* de l'antiquité, 2° qu'ils sont équatoriaux[1], 3° en rapport avec les circompolaires.

En outre, il est manifeste que les règles énoncées par Biot ne comportent pas d'exceptions, comme il le croy-

[1] Si l'on projette les 28 étoiles sur l'écliptique la symétrie subsiste en partie, mais d'une manière très atténuée.

ait. Toutefois, il a existé une autre règle, encore inconnue, qui a présidé au choix des deux étoiles hétérogènes 4 et 16.

Plusieurs raisons portent à penser que l'origine des *sieou* est antérieure au 24e siècle[1]. Si la vérification au moyen d'un globe céleste ne confirme pas cette hypothèse, alors l'exactitude des oppositions diamétrales deviendra énigmatique et il faudra en chercher ailleurs l'explication.

L'établissement du diagramme ci-dessus ne contient aucun élément hypothétique : il résulte directement de la liste des étoiles fondamentales que les Jésuites ont trouvées en usage au XVIIe siècle et dont ils ont dressé le tableau en coordonnées modernes. Biot, par le calcul rigoureux de la précession, a reporté ces 28 étoiles modernes à la situation exacte[2] qu'elles occupaient à une date choisie conventionnellement (2357). La position du soleil parmi ces étoiles, aux dates cardinales de l'année, varie assez rapidement (environ $5^{m},5 = 1^{\circ},4$ par siècle) mais les intervalles de ces étoiles entre elles, et par conséquent leur symétrie, sont encore sensiblement les mêmes à une époque un peu antérieure.

[1] Il est inutile d'aborder ici la question de la création d'une quadrature par le duc de *Tcheou* au XIIe siècle. Je montrerai dans le *Toung Pao* que les corrélations astrologiques confirment aussi cette hypothèse de Biot.

[2] Exacte en ce qui concerne le déplacement du pôle ; mais il n'a pas tenu compte du mouvement propre de ces étoiles, qui est d'ailleurs tout-à-fait négligeable. M. C. Flammarion a bien voulu m'indiquer le mouvement propre des 4 étoiles cardinales mentionnées par le texte du *Yao-Tien*. Le plus considérable est seulement de 8^{s} en 40 siècles, soit $2'$! Il serait, on le voit, imperceptible sur un diagramme de petite dimension.

Si aucun texte astronomique de l'antiquité n'était parvenu jusqu'à nous, la lointaine origine des *sieou*, leur identité avec les *sieou* modernes et le caractère équatorial de leur emploi seraient — on le voit — établis avec certitude par la seule analyse de leur répartition. Or nous possédons plusieurs textes antiques qui confirment explicitement ces déductions déjà incontestables. Le plus ancien d'entre eux, miraculeusement conservé par le *Chou-King*, nous dit avec une précision admirable : « Le jour moyen et l'étoile *Sing* indiquent le milieu du printemps. Le jour le plus long et l'étoile *Ho* indiquent le milieu de l'été. La nuit moyenne et l'étoile *Hiu* indiquent le milieu de l'automne. La nuit la plus longue et l'étoile *Mao* indiquent le milieu de l'hiver. » Ce qui équivaut à dire que les positions cardinales du soleil se trouvent dans les 4 *sieou* mentionnés [1].

Les lieux cardinaux du soleil marqués sur le diagramme témoignent de l'incroyable exactitude de ces propositions.

Cependant aucun des nombreux auteurs qui se sont occupés de l'astronomie chinoise n'a compris, ni même mentionné les révélations de Biot [2]. Tous considèrent les *sieou* comme un *zodiaque lunaire* (c'est-à-dire *écliptique*) de par la seule coïncidence de leur nombre 28 avec celui des mansions des zodiaques hindous et arabes.

[1] Notez que l'ordre dans lequel ces 4 étoiles sont énumérées montre qu'il s'agit de leur passage au méridien à 6 heures du soir, ce qui prouve une fois de plus le caractère équatorial et horaire de l'astronomie chinoise. (V. à ce sujet le *Toung Pao* 1907 n° 3).

[2] V. *Toung Pao* 1907 n° 3.

C'est ainsi que dans son grand ouvrage d'érudition [1], M. Ginzel, professeur d'astronomie à Berlin, affirme, dans les généralités préliminaires, l'identité et la commune origine de ces systèmes. Puis, dans le chapitre consacré à l'astronomie chinoise [2], voici tout ce qu'il trouve à dire sur l'origine et l'antiquité des *sieou*, démontrées comme nous venons de le voir par les témoignages astronomiques et historiques les plus incontestables :

Nous avons parlé des stations lunaires chinoises, de leurs connexions avec les arabes et les hindoues ainsi que de leur origine découlant d'une source commune asiatique. Il n'est plus besoin que de quelques remarques spéciales.... (1er Vol. p. 487).

Les stations lunaires font partie du vieil inventaire des chronologies chinoises. Ainsi que l'a montré A. Weber, on ne peut les suivre chez les auteurs antérieurement à l'an 250 avant J.-C. (!) et c'est pourquoi il place leur *introduction* (Einführung) à l'époque des Han. On ne peut douter, cependant, que la connaissance des stations ne se soit *répandue* (verbreitet) en Chine beaucoup plus tôt, alors même qu'on ne pourrait pas remonter comme le fait Biot, jusqu'à l'époque de *Yao* [3].

[1] Handbuch der Mathematischen und technischen chronologie. Leipzig, 1906.

[2] J'aurai l'occasion de montrer ici d'autres méprises contenues dans ce chapitre, presque entièrement inexact, qui attribue à l'astronomie chinoise une base écliptique.

[3] C'est en ces quelques mots que consistent l'exposé et la réfutation de la théorie de Biot par cet auteur. D'ailleurs, l'affirmation de la haute antiquité des *sieou* n'est nullement spéciale à Biot. A part les indianistes Weber et Whitney et l'arabisant Sédillot, tous les auteurs, chinois ou occidentaux, lettrés, astronomes, sinologues et historiens, savent fort bien à quoi s'en tenir à ce sujet. La haute antiquité des *sieou* était déjà démontrée par les documents historiques lorsque Biot découvrit, en outre, les particularités de leur répartition, qui en confirment la lointaine origine et en expliquent la destination primitive.

D'où provient cette étrange aberration qui passe sous silence les documents et les faits exposés par Gaubil et par Biot? Tout simplement, comme j'ai l'ai dit dans mon précédent article, de ce que l'on traite d'astronomie primitive sans en avoir au préalable établi les principes directeurs. Si M. Ginzel, qui est astronome, avait réfléchi sur la distinction élémentaire entre la méthode équatoriale et la méthode zodiacale, il lui eût été bien facile, même en dehors de toute compétence sinologique, de constater l'inanité des travaux sur lesquels il a basé sa compilation.

Privé de cette pierre de touche, il s'est contenté de compter les suffrages : Biot ayant été, jusqu'ici, seul de son avis, il a éliminé ses conclusions, et accueilli sans discussion les affirmations confuses, contradictoires et complètement erronées des autres auteurs qui voient dans les *sieou* un zodiaque lunaire.

RECHERCHES

SUR LES

DENSITÉS DES GAZ

EXÉCUTÉES EN 1904, 1905 ET 1906

au Laboratoire de Chimie physique de l'Université de Genève

PAR

Philippe-A. GUYE

La présente note a pour objet de donner un résumé des résultats obtenus au cours des recherches exécutées depuis trois ans dans mon laboratoire sur les densités exactes des gaz.

Ces recherches ont été effectuées avec le concours et la collaboration de MM. Jaquerod, Pintza, Davila, Gazarian et Baume et n'ont fait l'objet jusqu'à présent que de publications isolées [1].

Elles avaient pour but d'apporter une contribution nouvelle au problème de la détermination physicochi-

[1] Voici la liste des communications faites sur ce sujet à l'Académie des Sciences, à Paris : Jaquerod et Pintza. (*Comptes Rendus*), t. 139, p. 129, (1904) [SO_2, O_2]. Guye et Pintza Id. t. 139, p. 679, (1904) et t. 141, p. 51, (1905) [N_2O, CO_2, NH_3]; Guye et Davila. Id. t. 141, p. 826, (1905) [NO]; Guye et Gazarian. Id. t. 143, p. 1233 (1906) [HCl]; Baume, détermination inédite (1907) [SO^2].

mique des poids moléculaires exacts, en vue du contrôle des poids atomiques. On sait que ce problème a pris ces dernières années une grande importance et a été abordé successivement par M. Leduc[1], par lord Rayleigh[2], par M. Morley[3] et par M. Gray[4], ainsi que par MM. Perman et Davies[5].

Nous donnerons d'abord, sous le titre « généralités » quelques détails sur les méthodes et le mode de calcul des résultats, pour passer ensuite en revue les résultats obtenus à Genève en les comparant avec ceux d'autres expérimentateurs. Nous en déduirons enfin les valeurs qui nous paraissent les plus sûres.

I. Généralités.

Méthodes. Deux méthodes principales ont été suivies pour les déterminations des densités des gaz ; la méthode du ballon et celle du volumètre.

La *méthode du ballon*, dont les détails ont été fixés par Regnault (pesée du ballon vide ou rempli de gaz avec contrepoids de même volume, réduction de pesées

[1] Leduc. Recherches sur les gaz. Paris, Gauthier-Villars, 1897 (tirage à part des *Ann. Chim.-Phys.*).

[2] Rayleigh. *Proc. Roc. Soc.*, (1888) t. 43, p. 353 (H_2 et O_2); t. 50, p. 449, 1892 (H_2 et O_2); t. 53, p. 134, 1893, (O_2, H_2, N_2 atm., air); t. 55, p. 340, 1894 (N_2); t. 59, p. 198, 1896 (Ar, He); t. 62, p. 204, 1897, (CO, CO_2, N_2O); t. 74, p. 181, 1904, (N_2O); *Phil. Trans. Roy. Soc.*, t. 204 A, p. 351 (1905); Rayleigh et Ramsay, *Phil. Trans. Roy. Soc.* t. 186 A, p. 187 (1895).

[3] Morley. *Z. f. phys. Chem.*, t. 20, p. 1 (O_2); t. 22 p. 2 (H_2). 1896.

[4] Gray. *J. Chem. Soc.*, t. 87, p. 1601. (1905) (N_2, O_2, NO). *Proc. Chem. Soc.* (1907) (HCl).

[5] Perman et Davies. *Proc. Roy. Soc.*, t. 78 A., p. 28 (1906).

au vide, etc.) a été mise en œuvre, au cours des travaux modernes, en tenant compte encore de la correction de contraction du ballon vide et de la correction de compressibilité du gaz (écart à la loi de Mariotte entre la pression à laquelle on opère et la pression de 760^{mm} de mercure). Les travaux récents se distinguent aussi par la réduction graduelle de la capacité du ballon : Morley opérait avec des ballons de 8 à 21 litres de capacité ; Rayleigh a adopté le ballon de $1^{l},8$ environ ; Leduc celui de $2^{l},3$ environ ; au cours des expériences faites dans mon laboratoire, nous avons été amenés à réduire encore cette capacité et à employer deux ballons de capacités différentes, remplis à 0° et sous la même pression, et destinés à se contrôler réciproquement, l'un de $0^{l},8$ et l'autre de $0^{l},4$ environ [1]. Perman et Davies ont employé le ballon de $0^{l},5$; enfin Gray est descendu encore à une limite plus basse et s'est servi, pour le gaz NO, d'un ballon de $0^{l},267$ environ. Contrairement à ce que l'on pouvait supposer *a priori*, les déterminations avec les petits ballons se sont presque toujours trouvées, au moins, aussi concordantes entr'elles que celles effectuées avec les grands ballons ; les expériences avec des ballons de 2 litres et au dessous présentent, en général, plus de corcondance entr'elles que celles faites avec les ballons de 8 à 21 litres. Il faut l'attribuer, soit au fait que les corrections à faire aux poids bruts (telle, par exemple, la correction de contraction) deviennent très petites avec les petits ballons et se composent en partie, soit au fait que l'on diminue notablement les chances des causes d'erreur

[1] Des travaux sont actuellement en cours d'exécution dans mon laboratoire avec des ballons encore plus petits.

accidentelles provenant notamment des actions de surface (par exemple, la condensation d'humidité, de poussière ou de gouttelettes imperceptibles de mercure sur la paroi externe du ballon).

La seule objection que l'on puisse faire à l'emploi de petits ballons est relative à la condensation possible du gaz sur la paroi interne ; si tel était le cas, les densités des gaz déterminées avec les petits ballons devraient être supérieures à celles obtenues avec les grands ; cette cause d'erreur devrait surtout se faire sentir avec les gaz hygroscopiques (SO_2, NH_3, HCl, etc.), si l'on admet, avec certains observateurs, que le verre ait la propriété de condenser à sa surface une couche très mince d'humidité ; on cite assez souvent à ce sujet des expériences de Bunsen, d'après lesquelles on ne parviendrait pas à éliminer complètement cette couche d'humidité, même en chauffant le verre à une température voisine de celle où il commence à se ramollir.

Les déterminations de densités effectuées ces dernières années démontrent qu'en faisant varier, dans de larges limites, les capacités des ballons, on obtient cependant des résultats très concordants ; les plus nets sont ceux relatifs aux gaz NH_3 et SO_2 ; il convient de les résumer.

Par la méthode du volumètre (1^l,8 environ de capacité), Perman et Davies trouvent pour poids du litre normal du gaz NH_3 : 0^{gr},77085 ; par la méthode du ballon (0^l,5) ; 0^{gr},77086. Par la méthode du volumètre (3^l,5), Guye et Pintza avaient trouvé 0^{gr},7708. Il n'y a donc pas de différence appréciable entre les nombres obtenus avec les grands et les petits ballons.

En ce qui concerne le gaz sulfureux SO_2, Jaquerod

et Pintza ont obtenu à Genève L = $2^{gr},9266$, par la méthode du volumètre ($3^{l},5$) ; Leduc, par la méthode du ballon ($2^{l},3$), avait trouvé à Paris $2^{gr},9266$; enfin, tout récemment, Baume a répété cette mesure dans mon laboratoire par la méthode des deux ballons ($0^{l},53$ et $0^{l},32$ environ) sur du gaz préparé dans les mêmes conditions que celui utilisé par Jaquerod et Pintza ; il a trouvé L = $2^{gr},9266$.

La précaution essentielle consiste à rincer les ballons, non seulement avec de l'air desséché sur $P_2 O_5$, mais plusieurs fois de suite aussi, avec le gaz, bien desséché, sur lequel on veut opérer, en ayant soin de faire, entre chaque remplissage, le vide aussi parfait que possible. Il faut ensuite éviter de laisser rentrer de l'air dans le ballon entre chaque détermination.

On pourrait néanmoins admettre qu'il se produit ainsi une faible condensation du gaz contre la paroi interne, celui-ci se substituant à l'humidité adhérente au verre ; nos expériences (en collaboration avec Ter Gazarian) sur la densité du gaz HCl, dont l'hygroscopicité est très grande, ne justifient pas cette interprétation. En effet, nous n'avions d'abord rincé les ballons que deux ou trois fois avec du gaz HCl sec ; dans ces conditions, les valeurs des densités se sont montrées régulièrement décroissantes pour ne devenir constantes (avec un ballon de $0^{l},385$) qu'à partir de la 4me détermination ; avec un ballon plus grand ($0^{l},818$) ce résultat n'était pas atteint après le 7e remplissage. On peut donc conclure de tous ces faits, qu'après une dizaine de remplissages[1] successifs, avec du gaz sec,

[1] Avec les gaz non hygroscopiques 5 à 6 remplissages successifs, suivis chacun d'une évacuation complète suffisent.

suivis chacun d'une évacuation complète avec la pompe à vide, sans laisser rentrer d'air entre chaque opération, il ne se produit pas, sur la surface interne du ballon, une condensation de gaz susceptible d'exercer une influence appréciable sur les résultats. Si l'observation de Bunsen est exacte, l'eau abandonnée par le verre à haute température ne serait donc pas de l'eau condensée en surface, mais de l'eau incorporée chimiquemement ou physiquement dans la masse même du verre [1].

[1] Si nous admettons que la condensation des gaz sur la surface interne des ballons n'est généralement pas appréciable, nous ne croyons cependant pas qu'elle soit rigoureusement nulle. Pour l'établir plus exactement, il faudrait opérer avec deux ou plusieurs ballons, de capacités très différentes, remplis en même temps à la même pression, avec des gaz de même provenance ; les mesures effectuées dans mon laboratoire sur les gaz NO et SO_2 avec deux ballons remplis simultanément, fournissent une première indication sur ce sujet. On a trouvé, en effet, pour poids du litre de ces gaz, déterminés simultanément avec deux ballons, les moyennes suivantes :

Poids du litre NO (G et D)			Poids du litre SO_2 (B)		
N. obs.	Capacité	L	N. obs.	Capacité	L
7	$0^l,8$	1,3401	5	$0^l,5$	2,92666
7	$0^l,4$	1,3403	4	$0^l,3$	2,92659

Mais, il se pourrait aussi, que la condensation se produise non pas sur la surface de verre, mais dans la graisse spéciale employée pour assurer l'étanchéité du robinet.

Il convient de citer aussi ici le travail récent de Swinton (*Chem. News*. t. 95, p. 1349 [1907] qui démontre qu'avec les gaz H_2 et He la surface du verre n'a pas d'action chimique sur le gaz et que la condensation superficielle est d'ordre purement mécanique. Les observations récentes de Travers (*Pro. Roy. Soc.*, t. 78 A, p. 9 (1906) sur la condensation des gaz par les corps solides ne devront pas non plus être perdues de vue si l'on devait déterminer ultérieurement les densités des gaz avec une précision supérieure au $^1/_{10000}$.

La *méthode du volumètre*, employée pour la première fois comme méthode exacte par Morley pour déterminer la densité de l'hydrogène, a été pratiquée de deux manières. D'après la première, on dégage le gaz d'un appareil pesable, construit de telle façon que ce gaz seul puisse en sortir, et à l'état parfaitement pur et sec ; ce gaz pénètre par un raccord rodé dans un système d'un ou plusieurs ballons jaugés, maintenus à 0°, dans lesquels on a fait le vide avec la pompe mercure. La pression est mesurée, soit avec un manomètre spécial, soit en reliant simplement l'appareil à la cuvette d'un baromètre ; ce dernier dispositif a été adopté par Morley pour sa 4me série de mesures avec l'hydrogène ; c'est aussi celui qui a été employé à Genève. Connaissant ainsi la température et la pression, la capacité des ballons et la perte de poids de l'appareil à dégagement, on a tous les éléments pour le calcul de la densité.

D'après la seconde manière, on remplit le volumètre, préalablement vidé, avec du gaz aussi pur que possible, — ce qui est souvent plus facile à réaliser, car on n'est pas limité par le poids et l'encombrement des appareils à employer dans ce but. Le volumètre étant rempli de gaz pur est maintenu à 0° dans la glace ; on note exactement la pression à laquelle le gaz se trouve (voisine de 760^{mm}). Puis on absorbe le gaz dans un appareil approprié, et préalablement pesé, que l'on met en relation avec le volumètre au moyen d'un raccord rodé, dans lequel on a fait le vide avant d'établir la communication entre le volumètre et l'appareil absorbeur.

Par la première manière (dégagement du gaz dans

le volumètre), on a déterminé les densités des gaz H_2 (Morley), O_2 et SO_2 (Jaquerod et Pintza) : par la seconde (absorption du gaz du volumètre) celles des gaz N_2O, CO_2 et NH_3 (Guye et Pintza) et de nouveau NH_3 (Perman et Davies).

La méthode du volumètre ne comporte pas de correction de contraction des ballons ; il n'y a qu'à tenir compte de la réduction des poids marqués au vide (car l'appareil à dégagement ou à absorption est pesé avec un contrepoids de même verre et de même volume), et éventuellement, de la compressibilité du gaz pour ramener la mesure à la pression de 760^{mm}.

Quelle que soit la méthode employée (ballon ou volumètre), la correction de compressibilité du gaz est généralement négligeable lorsque la pression ne diffère de 760^{mm} que de quelques millimètres.

Choix d'une unité. Il est absolument indispensable de faire le choix d'une unité commune. Leduc a déduit de ses expériences, soit la densité par rapport à l'air, soit, parfois aussi, le poids du litre de gaz à Paris. Les résultats de Morley sont exprimés de façon à donner le poids du *litre normal* de gaz, c'est-à-dire à 0°C, sous la pression de 760^{mm} de mercure, au niveau de la mer ($h = 0$) et sous la latitude de 45° ($\lambda = 45°$). Rayleigh calcule ses expériences de diverses manières et en déduit la densité par rapport à l'air ou par rapport à l'oxygène (pris égal à 32), ainsi que le poids du litre à Londres et à Paris. A Genève, nous avons déterminé directement le poids du litre normal ; c'est ce qu'ont fait aussi Gray, ainsi que Perman et Davies. C'est dans cette unité que nous exprimerons tous les résultats qui seront transcrits dans les pages qui suivent.

D. Berthelot[1] a calculé récemment la plupart des expériences en rapportant les densités à celles de l'oxygène ; au lieu de prendre une valeur unique pour l'oxygène, il adopte, dans chaque cas, le nombre obtenu par chaque expérimentateur pour la densité de ce gaz. Ce système qui paraît assez logique au premier abord, présente, en fait, plusieurs inconvénients : d'abord il oblige à laisser de côté les déterminations de densités faites par des observateurs qui n'ont pas déterminé celle de l'oxygène ou bien de les rapporter à la densité de l'oxygène d'un autre observateur dont le choix devient plus ou moins arbitraire. Il peut arriver même que la densité de l'oxygène, bien que prise par le même observateur, soit la plus incertaine de toutes ses déterminations ; on diminue alors la précision des autres mesures. C'est ce qui arrive, par exemple, pour les déterminations faites à Genève, où les nombres relatifs à la densité de l'oxygène n'ont été établis que comme premier contrôle de la méthode du volumètre et sont certainement moins précis que ceux déterminés ultérieurement avec d'autres gaz.

Ces inconvénients disparaissent lorsqu'on exprime tous les résultats en calculant le poids du litre normal. Tous les expérimentateurs, sauf Leduc, ont donné le volume exact des ballons employés ; les expériences de ce physicien peuvent, néanmoins, être calculées de la même manière, attendu qu'il a déterminé très soigneusement le poids du litre d'air à Paris.

Il y a enfin un autre motif pour exprimer les densités par le poids du litre normal, c'est que le calibrage

[1] *Comptes Rendus*, t. 144, p. 269 (1907).

d'un ballon à densité est une opération certainement plus précise que la pesée, dans le même ballon, d'un gaz de comparaison, tel que l'air ou l'oxygène. Leduc indique, par exemple, qu'à deux ans d'intervalle, la capacité d'un ballon à 0° a été trouvée de $2^l,27636$ et $2^l,27630$; la concordance est de $^1/_{38000}$. Nous avons constaté plusieurs fois, à Genève, que la concordance de $^1/_{30000}$ à $^1/_{35000}$ entre des calibrages successifs d'une même ballon peut être aisément réalisée, pour peu que l'on travaille avec soin ; il faut cependant déterminer le contenu du ballon en eau, en maintenant celui-ci exactement à la température de 0° dans la glace ; il n'y a, dans ces conditions, aucune correction à faire pour la dilatation du verre ; il n'y a pas non plus d'incertitude sur la température de l'eau [1].

Choix de valeurs définitives. Nous avons à dire quelques mots des règles qui nous ont guidé pour faire le choix d'une valeur définitive entre les divers nombres obtenus pour la densité de chaque gaz.

Nous avons pris tout d'abord en considération la nature des méthodes employées pour produire le gaz et le purifier ; à notre avis, c'est à l'heure actuelle, la partie la plus délicate d'expériences sur les densités des gaz. Les résultats concordants obtenus aves un

[1] La seule difficulté provient du fait que le ballon ayant été rempli à 0°, dans la glace, l'eau contenue se dilatera lorsqu'on portera le ballon sur la balance. On y remédie en ajustant, pour l'opération du calibrage, un petit tube à boule à l'extrémité de la tubulure du ballon ; ce tube à boule, qui peut-être soudé ou même simplement fixé par une ligature en caoutchouc, est supprimé lorsque le calibrage est terminé. Les pesées relatives au calibrage se font naturellement avec un contrepoids de même verre et de même volume.

même gaz préparé de deux ou trois manières différentes nous ont donc toujours paru les plus dignes de confiance.

Un second caractère, auquel nous avons attaché une égale importance, réside dans le degré de concordance des moyennes relatives à un même gaz, telles que les ont obtenues des observateurs différents ; lorsque les moyennes de deux observateurs concordent, tout en s'écartant de la moyenne d'un troisième observateur, nous n'avons généralement tenu compte, que dans une faible mesure, de ce dernier résultat. Fréquemment, aussi, un observateur a fait des réserves, plus ou moins formelles, sur l'exactitude d'une mesure ; nous avons généralement laissé celle-ci de côté, lorsque les moyennes des deux autres observateurs concordent. De même, aussi, lorsqu'une erreur a été duement reconnue au cours d'expériences subséquentes, nous n'avons pas tenu compte de la valeur entachée d'erreur.

On verra, par la discussion qui va suivre, qu'en nous inspirant des règles précédentes nous avons été rarement embarrassé pour faire un choix précis. Nous tenons à ajouter que si nous avons été ainsi amené à abandonner plusieurs des nombres de Leduc et à leur en préférer d'autres généralement plus récents, le lecteur aurait tort de voir dans cette manière de faire une intention quelconque de diminuer l'importance des travaux de cet habile expérimentateur ; si les déterminations plus modernes ont bénéficié d'une technique plus parfaite, il convient de noter que c'est à ce savant que reviendra toujours le mérite d'avoir donné, le premier, dans un travail d'ensemble, une solution complète, — théorique et expérimentale, — du pro-

blème de la détermination rigoureuse des poids moléculaires exacts des gaz à partir de leurs densités.

II. Discussion des résultats.

Oxygène.

Le système des poids atomiques et moléculaires étant rapporté à l'oxygène (O = 16), la connaissance exacte de la densité de ce gaz a une importance considérable.

Morley[1] en a fait 41 déterminations, réparties en 3 séries dont voici le résumé :

Séries	Nombre	Pds de 1 L. norm.	Capacité des ballons[2]
I	9	1gr,42879	21l,6 et 8l,8
II *a*)	6	1,42887	20,06 et 20,56
b)	9		
III *a*)	7	1,42917	8,83, 16,52 et 15,38
b)	10		

Les expériences de la 1re série ont été effectuées à des températures comprises entre 15° et 20°, mesurées avec des thermomètres à air et à mercure ; l'appareil était en relation avec un manomètre à air libre. Les déterminations de la 2me série ont été faites avec les ballons entourés de glace pilée ; la pression était mesurée au moyen d'un manomètre différentiel. Pour les expériences de la 3me série, les ballons étaient entourés de glace, et les pressions lues sur un baromètre dont la cuvette communiquait avec l'intérieur des ballons.

L'oxygène a été préparé à partir de $KClO_3$; par électrolyse d'une solution de KOH pour la série III *b*. Les

[1] Morley. *Phys.-Chem.*, t. 20, p. 1. (1896).

[2] Les capacités sont indiquées en nombres arrondis.

écarts extrêmes entre les observations individuelles les plus discordantes de chaque série sont de :

$^{1,8}/_{10000}$	pour la	série	I
$^{2}/_{10000}$	»	»	II, *a*
$^{6,9}/_{10000}$	»	»	II, *b*
$^{6,8}/_{10000}$	»	»	III, *a*
$^{7}/_{10000}$	»	»	III, *b*

Par rapport aux moyennes, ces écarts extrêmes seraient réduits de moitié environ.

Morley attribue un poids double à la moyenne de la série III et est conduit ainsi à la valeur :

$$L = 1^{gr},42900 \pm 0,000034$$

Rayleigh[1] a opéré sur du gaz oxygène préparé par trois méthodes différentes, soit : *a)* par calcination d'un mélage de $KClO_3$ et $NaClO_3$, plus fusible que $KClO_3$ seul ; *b)* par calcination du sel MnO_4K ; *c)* par électrolyse de l'eau ; le gaz passant ensuite sur une colonne d'oxyde de cuivre chauffé au rouge. Le ballon était rempli à 0° sous une pression très voisine de 1 atm. à Londres ; sa capacité était de $1836^{cm^3},52$.

Voici les résultats bruts (poids d'oxygène contenu dans le ballon jaugé), soit les moyennes de chaque série :

Méthodes	Nombre d'exp.	Pds d'oxygène gr	Ecarts extrêmes
Chlorates *a)*	5	2,6269	$^{2,3}/_{10000}$
b)	5	2,6269	$^{2,3}/_{10000}$
Permanganate	3	2,6271	$^{1,1}/_{10000}$
Electrolyse *a)*	1	2,6271	—
b)	2	2,6272	—
	moyenne	2,62704	
	correction de contraction	0,00056	
	poids corrigé	2,62760	

[1] Rayleigh, *Proc. Roy. Soc.*, t. 53, p. 144 (1893).

Rayleigh en déduit pour poids du litre d'oxygène à Paris, le nombre :

$$1^{gr},42952$$

d'où l'on calcule, en divisant par 1,00033 (facteur relatif à la gravité), la valeur suivante du poids du litre normal :

$$L = 1^{gr},42905$$

Leduc[1] a opéré aussi par la méthode du ballon et a rapporté les densités à celle de l'air, à Paris ; il a préparé l'oxygène de trois manières différentes : *a)* par électrolyse d'une solution aqueuse de KOH ou H_2SO_4 : *b)* par décomposition du permanganate de potasse ; *c)* de nouveau, par électrolyse d'une solution sulfurique, le gaz passant en suite sur une colonne de CuO chauffé au rouge sombre.

Par la méthode *a)*, les résultats partiels (rapportés à l'air) étaient compris entre 1,10501 et 1,10516 ; moyenne 1,1051 ; écarts extrême : $^1, ^4/_{10000}$.

Par la méthode *b)*[2] : 1,10527.

Par la méthode *c)* (3 expériences) : 1,10521.

Rejetant les résultats de la méthode *a)*, Leduc[1] adopte pour densité de l'oxygène par rapport à l'air de Paris :

$$1,10523$$

d'où l'on déduit le poids du litre normal (en tenant compte du poids du litre d'air à Paris déterminé par le même expérimentateur, soit $1^{gr},29316$, nombre qui serait exact, d'après Leduc, à $^1/_{20000}$ près) :

$$L = \frac{1,29316 \times 1,10523}{1,00033} = 1^{gr},42876$$

[1] Leduc. Recherches sur les gaz, Paris, 1898.

[2] Leduc n'indique pas le nombre des expériences, il semble qu'une seule ait été exécutée.

ou, pour tenir compte de la précision de $^1/_{20000}$ admise par Leduc sur les densités de l'air et de l'oxygène, par la valeur arrondie :

$$L = 1^{gr},4288$$

Jaquerod et Pintza [1] ont effectué dans mon laboratoire 5 déterminations de la densité de l'oxygène dégagé du permanganate de potassium chauffé, en remplissant à 0° un volumètre de 3,5 litres environ sous une pression voisine de 1^{atm}. Ces cinq expériences, comportant un écart extrême de $^6/_{10000}$ ont donné pour poids du litre normal :

$$L = 1^{gr},4292$$

Ces déterminations ont été effectuées à titre de simple contrôle de la méthode du volumètre. Les auteurs ont considéré ce résultat comme un peu trop élevé (loc. cit. p. 131) et ont adopté pour leurs calculs ultérieurs le nombre $1^{gr},4290$ [2].

Gray [3], au cours de ses travaux sur la densité du bioxyde d'azote, a effectué six mesures de la densité de l'oxygène remarquablement concordantes entre elles ; ce gaz était préparé par calcination du permanganate de potassium recristallisé ; les six déterminations lui donnent comme poids d'oxygène, remplissant

[1] Jaquerod et Pintza. *Comptes rendus*, t. 139, p. 129 (1904).

[2] D. Berthelot a rapporté récemment à cette unité 1,4292 (*Comptes rendus*, t. 144, p. 260), toutes les mesures de densités effectuées dans mon laboratoire. Vu le petit nombre de déterminations sur lequel elle repose, et les réserves faites par les auteurs, c'est diminuer la précision de nos mesures. Dans tous nos travaux nous avons d'ailleurs toujours adopté le nombre L = 1,4290. Voir en particulier : *J. Ch. phys.*, t. 4, p. 333.

[3] Gray, *J. Chem. Soc.*, t. 87, p. 1607 (1905).

à 0° et sous 1 atm. à Bonn, un ballon de de 267^{cm^3}.43, le mombre 0^{gr}.38228 ; l'écart extrême est de $^{1,6}/_{10000}$ seulement. D'après une communication particulière de l'auteur, la capacité du ballon doit subir une légère correction la ramenant à 265^{cm^3},388, de sorte que le le poids du litre normal, en tenant compte du cœfficient de réduction de la gravité à Bonn (où les mesures ont été exécutées) est :

$$L = \frac{0,38228}{0,267388 \times 1,800505} = 1^{gr},42896$$

nombre que l'on peut regarder comme se confondant avec celui de Morley (1.42900) dont il diffère de $^1/_{36000}$ seulement.

Résumé. Les expériences de Morley étant de beaucoup les plus nombreuses, et exécutées dans des conditions très variées, paraissent avoir le plus de chances de conduire à un résultat exact, bien que les écarts des mesures individuelles soient relativement élevés. On a vu qu'on en déduit le nombre :

$$L = 1^{gr},42900$$

Le nombre de Rayleigh le dépasse de $^1/_{30000}$; celui de Gray lui est inférieur de $^1/_{36000}$. D'autre part les résultats un peu moins précis de Leduc et de Jaquerod et Pintza en diffèrent de $^1/_{7000}$ en moins et en plus. C'est également à cette valeur L = 1,42900 que l'on arrive, soit en prenant la moyenne des cinq groupes de mesures :

	gr
1) Morley	1,42900
2) Rayleigh	1,42905
3) Gray	1,22896
4) Leduc	1,4288
5) Jaquerod et Pintza	1,4292
Moyenne	1,42900

ou seulement la moyenne des séries 1), 2) et 3) qui méritent le plus de confiance, par le nombre des expériences ou par la petitesse des écarts extrêmes. Les écarts + 0,00005 (Rayleigh) et — 0,00004 (Gray) sur la moyenne 1,42900 de Morley sont de l'ordre de grandeur de l'erreur probable calculée par ce dernier (± 0,000034), soit de ± $^1/_{30000}$. Nous adopterons donc la valeur :

$$L = 1^{gr},42900$$

dont l'exactitude paraît certainement supérieure au $^1/_{10000}$ et atteint probablement le $^1/_{20000}$.

Bioxyde d'azote NO.

La densité de ce gaz a été déterminée par Leduc[1] en 1893 ; il indique comme densité par rapport à l'air le nombre 1,0388. On en déduit pour poids du litre normal $L = 1^{gr},3429$. Leduc ayant supprimé cette détermination dans son mémoire d'ensemble de 1898, il n'y a pas lieu d'en tenir compte ; on verra que ce nombre est trop élevé. Je puis d'ailleurs ajouter qu'au cours des expériences avec M. Davila nous avons obtenu à peu près la même valeur lorsque nous avons opéré sur du gaz NO non purifié par liquéfaction et distillation fractionnée ; cette élévation de la densité est due probablement à la présence de traces de gaz N_2O, dont la formation est presque inévitable dans toutes les réactions chimiques employés pour produire l'oxyde azotique.

La densité de ce gaz a été déterminée pour la pre-

[1] Leduc, *Séances Soc. Franc. Physique*, 1893, p. 214.

mière fois avec précision par Gray qui a opéré par la méthode du ballon. Le gaz était préparé par réaction de l'acide acétique sur le nitrite de sodium et le ferrocyanure de potassium : lavé à la potasse caustique, desséché sur P_2O_5, il était ensuite liquéfié et fractionné à basse température (air liquide). Dix déterminations, remarquablement concordantes entre elles (écart extrême $^{3,0}/_{10000}$), ont donné comme poids de gaz NO contenu dans le ballon $0^{gr},35851$; six déterminations avec l'oxygène (écart extrême $^{1,3}/_{10000}$) ont donné 0,38228. Adoptant pour l'oxygène le nombre de Rayleigh (L = 1,42905), l'auteur en déduit pour poids du Litre normal :

$$L = \frac{1,42905 \times 35851}{38228} = 1^{gr},3402$$

D'autre part, d'après la capacité du ballon, il calcule[1] L = $1^{gr},34011$ pour NO, et L = $1^{gr},42896$ pour O_2. La valeur $1^{gr},3402$ est celle adoptée par Gray : elle se confond pratiquement avec celle qui serait rapportée à $O_2 = 1^{gr},4290$, ou, plus exactement :

$$L = \frac{1,4290 \times 35851}{38228} = 1^{gr}34051$$

Guye et Davila[2] ont effectué trois séries de mesures sur du gaz NO de trois provenances chimiques différentes : *a)* par réaction du sulfate ferreux sur l'acide nitrique ; *b)* par décomposition d'une solution sulfurique de nitrite de sodium au moyen du mercure ; *c)* par réaction de l'acide sulfurique sur une solution concen-

[1] Communication particulière.
[2] Guye et Davila.

trée de nitrite de sodium ; le gaz a été purifié dans les trois cas par la même méthode que celle suivie par Gray, en supprimant toutefois le lavage à la potasse caustique, qui transforme une partie du NO en N_2O ; on simplifie ainsi les rectifications à la température de l'air liquide. Les pesées ont été faites avec deux ballons de capacités différentes ($0^l,8$ et $0^l,4$ environ) :

Méthodes	Nombre d'exp.	L	Ecarts extrêmes Grand ballon	Ecarts extrêmes Petit ballon
Mercure	6	1,3403 gr	$^{3,0}/_{10000}$	$^{6,7}/_{10000}$
Sulfate ferreux	6	1,3402	$^{3,0}/_{10000}$	$^{4,5}/_{10000}$
Nitrite de sodium	2	1,3401	$^{30}/_{1,0000}$	

La moyenne des 14 expériences, qui se confond avec la moyenne par méthodes, est :

$$L = 1^{gr},3402$$

valeur identique à celle obtenue par Gray.

C'est celle que nous adopterons.

Anhydride carbonique (CO_2).

Rayleigh donne peu de détails sur la mesure de la densité de ce gaz qu'il a préparé de deux manières : *a)* en décomposant le marbre par l'acide chlorhydrique ; *b)* en traitant par le même acide une solution de carbonate de sodium. Pas d'indications sur le nombre des expériences et leur précision. La densité par rapport à l'air est 1,52909.

Par 3 expériences faites sur du gaz préparé par la méthode *a*) et indiquées comme très concordantes, Leduc a obtenu la moyenne 1,52874 ; toutefois, vu le sens probable de l'erreur (provenant de traces d'air) cet expérimentateur adopte le nombre 1,5288. Il fait

aussi remarquer que les expériences de Regnault, corrigées, autant qu'on peut le faire, conduisent au nombre 1,5290.

On déduit de ces observations les valeurs suivantes du litre normal :

$$L = 1{,}29284 \times 1{,}52909 = 1^{gr}{,}9769 \text{ (Rayleigg)}$$
$$L = 1{,}29273 \times 1{,}5288 = 1^{gr}{,}9763 \text{ (Leduc)}$$

Guye et Pintza ont déterminé directement le poids du litre normal, sur du gaz provenant de la calcination du bicarbonate de sodium, et ont trouvé L = 1,9768, moyenne de 3 expériences présentant un écart extrême de $\frac{0{,}8}{10000}$.

La valeur finale adoptée

$$L = 1^{gr}{,}9768$$

concorde à $^1/_{10000}$ près environ avec celle de Rayleigh ; elle tient compte, dans une certaine mesure, du nombre un peu plus faible de Leduc ; ce choix se justifie aussi par la considération déjà énoncée sur le sens de l'erreur probable ; au cours de nos recherches à Genève nous avons constaté en effet combien il était difficile d'obtenir de l'anhydride carbonique tout à fait exempt d'air ; le gaz sur lequel nous avons opéré était totalement absorbable par la potasse castique.

Protoxyde d'azote (N_2O).

La densité de ce gaz a été déterminée par Leduc, par Rayleigh et par Guye et Pintza.

Leduc a opéré sur du gaz liquéfié du commerce [1],

[1] On sait que ce dernier est produit par décomposition du nitrate d'ammonium sous l'action de la chaleur.

rectifié par distillation. Les densités obtenues (par rapport à l'air) ont été trouvées : 1,5305 — 1,5298 — 1,5301. Moyenne : 1,5301 ; écart extrême $^{3,9}/_{10000}$.

Rayleigh a fait une première série de mesures en 1897 sur le gaz provenant de la décomposition du nitrate d'ammonium ; pour le purifier, on le dissolvait ensuite dans l'eau, d'où il était expulsé, en chauffant, puis, desséché. Cinq expériences, avec écart extrême de $^{1,7}/_{10000}$, conduisent cet observateur à la moyenne 1,52951 pour valeur de la densité par rapport à l'air.

En 1904, Rayleigh[1] a répété ses expériences en opérant d'abord sur du protoxyde d'azote liquéfié du commerce, purifié par la méthode adoptée en 1897 ; il a retrouvé ainsi à peu près la même valeur. En purifiant ensuite le gaz du commerce par distillation fractionnée à la température de l'air liquide jusqu'à ce que la densité reste constante, il a obtenu, comme moyenne de 3 expériences très concordantes (écart extrême $^{0,3}/_{10000}$), le nombre 1,5297.

On déduit de cette dernière valeur et de celle de Leduc, les nombres suivants pour poid du litre normal :

$$L = 1^{gr},9780 \text{ (Leduc)}$$
$$L = 1^{gr},9777 \text{ (Rayleigh)}$$

Guye et Pintza ont déterminé directement le poids du litre normal par la méthode du volumètre sur du gaz préparé par double décomposition entre le sulfate d'hydroxylamine et le nitrite de sodium. La moyenne de 3 expériences (écart extrême $^{2,8}/_{10000}$) est :

$$L = 1^{gr},9774 \text{ (Guye et Pintza)}$$

Les impuretés qui peuvent accompagner le pro-

1 Rayleig, *Proc. Roy. Soc.*, 74, A. 181.

toxyde d'azote liquéfié du commerce sont d'une part le peroxyde d'azote, et d'autre part l'air ou l'azote : le fractionnement aux basses températures réalisées avec l'air liquide en permet seul l'élimination à peu près complète[1] ; il se pourrait aussi que la méthode basée sur la décomposition du sulfate d'hydroxylamine n'ait pas fourni un gaz absolument exempt de toute trace d'air, bien que l'on ait fait le vide dans tous les appareils. à plusieurs reprises. Dans ces conditions, et vu le haut degré de concordance des nombres obtenus par Rayleigh en 1904, nous adoptons pour poids du litre normal la valeur :

$$L = 1^{gr},9777$$

qui est d'ailleurs égale à la moyenne des nombres obtenus par Rayleigh, Leduc, Guye et Pintza.

Acide chlorhydrique (HCl).

Leduc a déterminé la densité du gaz HCl produit par la réaction de l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium, et desséché sur l'anhydride phosphorique. Pas d'indication sur le nombre et la précision des expériences. La densité, rapportée à l'air, est 1,2692 ; d'après l'auteur la dernière décimale est douteuse. On en déduit :

$$L = 1,29273 \times 1,2692 = 1^{gr},6407$$

Guye et Gazarian ont répété cette détermination sur le gaz préparé de la même façon, mais purifié ensuite

[1] Le barbotage dans les alcalis, tel qu'on le pratique dans l'industrie est insuffisant pour enlever les dernières traces de NO_2 (ou N_2O_4).

par liquéfaction à la température de l'air liquide et par des fractionnements répétés à basse température[1]. Une première série de 4 mesures, que ces auteurs considèrent comme préliminaire, les a conduits à la moyenne

$$L = 1^{gr},6398$$

avec un écart extrême de $^{9}/_{10000}$.

Gray, qui a entrepris aussi la revision de la densité du gaz chlorhydrique vient de communiquer les résultats d'une première série de 6 mesures, avec écart extrême de $^{3,7}/_{10000}$, conduisant à la valeur

$$L = 1^{gr},6397$$

qui ne diffère de la précédente que de $^{1}/_{16000}$. La moyenne de ces deux valeurs très concordantes serait 1,53975, ou, en supprimant la dernière décimale :

$$L = 1^{gr},6398$$

De nouvelles déterminations étant annoncées il y a lieu de ne considérer aussi ce résultat que comme provisoire.

Gaz ammoniac (NH_3).

Leduc a opéré sur du gaz ammoniac dégagé de la solution ammoniacale dite *pure* du commerce, desséché

[1] Ces fractionnements avaient entre autres pour but d'éliminer la combinaison phosphorée volatile qui se forme, d'après Richards et Wells (*J. Am. Chem. Soc.*, t. 27, p. 459), lorsque le gaz HCl passe sur P_2O_5, combinaison dont la présence doit élever la densité du gaz HCl. Nos expériences ont en outre démontré que la dessication de la paroi interne du ballon n'est réalisée qu'après plusieurs remplissages successifs au moyen du gaz HCl. Pour ces deux motifs, le nombre de M. Leduc doit être certainement un peu trop élevé.

au moyen de potasse caustique fondue. Pas d'indication sur le nombre et la précision des mesures. Densité par rapport à l'air : 0,5971 ; d'où l'on calcule :

$$L = 1,29273 \times 0,5971 = 0^{gr},7719$$

Guye et Pintza ont déterminé directement le poids du litre normal sur du gaz provenant de l'ammoniaque liquéfiée du commerce ; présumant que la présence de bases organiques a conduit Leduc à un nombre un peu trop fort, ils ont préalablement purifié le gaz en le dirigeant sur la chaux vive portée au rouge, de façon à transformer en ammoniac l'azote des bases organiques ; le gaz a été recueilli comme chlorure d'ammonium ; celui-ci a été recristallisé et le gaz a été enfin dégagé en chauffant le sel NH_4Cl avec de la chaux, puis desséché sur de très longues colonnes de potasse caustique récemment fondue ; il était totalement absorbable par l'acide sulfurique. Cinq expériences par la méthode du volumètre (capacité 3,5 litres environ), avec un écart extrême de $\frac{3,9}{10000}$, ont donné la moyenne $0^{gr},77079$ ou, en nombre rond :

$$L = 0^{gr},7708$$

Perman et Davies[1] ont repris ces mesures par la méthode du volumètre (capacité $1^{l},7783$) et par la méthode du ballon ($0^{l},50476$). Ils ont constaté d'abord que le procédé du purification employé par Guye et Pintza était nécessaire pour éliminer les bases organiques ; avec le gaz provenant de la solution ammoniacale du commerce, ils ont retrouvé presque exactement le nombre de Leduc, soit $L = 0^{gr},7717$. Puis, en opérant

[1] Perman et Davies, *Proc. Roy. Soc.*, t. 78, A. p. 34 (1906).

avec du gaz NH_3 purifié ou préparé de trois manières différentes ; *a)* par la méthode de Guye et Pintza ; *b)* par cristallisation préalable répétée (10 fois) de l'oxalate d'ammonium et décomposition de ce sel par la potasse caustique ; *c)* par réduction du nitrite de sodium par l'aluminium en solution sodique, ils ont obtenu pour poids du litre normal les résultats suivants :

Méthode	Nomb. d'exp.	L	Ecart extrême
		gr	
Volumètre ; prép. *a*, *b*, *c*	7	0,77085	$^{5,2}/_{10000}$
Ballon ; prép. *a*	4	0,77086	$^{0,8}/_{10000}$

L'écart extrême de la 1re série est dû, sans doute, au fait que le gaz NH_3 a été préparé de plusieurs manières. Les auteurs admettent le nombre : 0gr,77085.

Il résulte de ces expériences que le nombre de Leduc ne doit pas intervenir dans la moyenne ; il est affecté d'une erreur systématique certaine (présence de bases organiques). La moyenne des trois autres résultats est :

$$L = 0^{gr}.770837$$

que nous arrondissons en

$$L = 0^{gr},7708$$

Ce nombre ne diffère du précédent que de $^1/_{19000}$. Il tient compte du fait que toutes les causes d'erreur (présence d'air ou de bases organiques (prép. *b* et *c*), traces d'humidité, condensation sur la surface des ballons[1]) tendent à donner une valeur plutôt trop forte

[1] Des trois méthodes *a*), *b*), *c*), la première donne sûrement le gaz le plus pur ; la cristallisation répétée de l'oxalate d'ammonium ne garantit pas l'élimination de toutes les bases organiques ; il en est de même de la réduction du nitrite de sodium par l'aluminium ; ce métal contient de petites quantités de carbone suscep-

que trop faible. La moyenne des déterminations de Permann et Davies par la méthode du volumètre (qu'ils regardent comme plus exacte) avec du gaz préparé par le procédé *a)* est exactement : $0^{gr},77080$.

Anhydride sulfureux (SO^2).

La densité de ce gaz par rapport à l'air a été contrôlée par Leduc qui indique la valeur 2,2639, moyenne de plusieurs déterminations (dont le nombre n'est pas indiqué) présentant entr'elles un écart extrême de $^{1,3}/_{10000}$. Le gaz avait été préparé en décomposant l'acide sulfurique pur par le mercure.

Jaquerod et Pintza qui ont opéré par la méthode du volumètre, (capacité 3,5 litres environ), sur du gaz préparé par distillation fractionnée répétée de l'anhydride sulfureux liquéfié du commerce, ont obtenu, comme poids du litre normal $L = 2^{gr},9226$, moyenne de 7 expériences (écart extrême $^{1,7}/_{10000}$).

Ce résultat concorde exactement avec celui de Leduc :

$$L = 1,29273 \times 2,2639 = 2^{gr},9266$$

Tout récemment enfin, Baume a répété dans mon laboratoire la détermination de la densité du gaz sulfureux, par la méthode des deux ballons ($0^l,3$ et 0^l5 de capacité) et a obtenu le même résultat ; le gaz a été purifié de la même façon que pour les expériences de Jaquerod et Pintza : l'écart extême était de $^{3,8}/_{10000}$

tibles de passer à l'état de bases organiques. Au cours de nos recherches avec M. Pintza, nous avons constaté que le gaz ammoniac obtenu par décomposition de l'azoture de magnésium contenait encore des traces de bases organiques ; sa densité est supérieure de $^1/_{1935}$ à celle du gaz préparé par la méthode *a)*.

avec le grand ballon et de $^{12,7}/_{10000}$ avec le petit ballon. La moyenne des deux séries est :

$$L = 2^{gr},9266$$

Ce nombre concorde exactement avec les deux précédents. C'est celui que nous adopterons.

III. Récapitulation et Conclusions.

Afin de faciliter la comparaison des divers résultats qui viennent d'être analysés, ceux-ci ont été réunis dans le tableau qui suit où l'on trouvera : dans la colonne I, les nombres déduits des expériences de Leduc; dans la colonne II, ceux de Rayleigh; dans la colonne III, ceux de divers observateurs (Morley, Ramsay, Gray, Permann et Davies); dans la colonne IV, ceux obtenus à Genève dans mon laboratoire ; dans la colonne V, les nombres auxquels nous nous sommes définitivement arrêté au cours de la discussion qui précède; enfin, dans la colonne VI, ces mêmes nombres rapportés à la densité de l'oxygène prise comme unité. Ce tableau a été complété par l'addition des meilleures déterminations récentes sur d'autres gaz [1] :

[1] La discussion complète fera l'objet d'un mémoire inséré dans le *Journ. de Ch. phys.*, 1907.

Poids du litre normal (en gr.)

$(t = 0°, H = 760, h = 0, \lambda = 45°)$

	I	II	III	IV	V	VI
Gaz	Leduc	Rayleigh	(Divers)	Lab. Guye	Val. admises	D. rap. à O_2
O_2	(1,4288)	1,42905	1,42900 M 1,42896 Gr	(1,4292) J.P.	1,42900	1,00000
H_2	0,8982	(0,08998)	0,089873 M		0,08987	0,062890
N_2	1,2503	1,2507	1,2507 Gr		1,2507	0,87523
CO	1,2501	1,2504			1,2504	0,87502
NO	(1,3429)		1,3402 Gr	1,3402 G.D.	1,3402	0,92786
Ar		1,7809	1,7808 R			1,2463
CO_2	1,9763	1,9769		1,9789 G.P.	1,9768	1,3833
N_2O	1,9780	1,9777		1,9774 G.P.	1,9777	1,3840
HCl	(1,6407)		1,6397 Gr	1,6398 G.G.	1,6398	1,1475
NH_3	(0,7719)		0,77085 P.D.	0,7708 G-P.	0,7708	0,53940
SO_2	2,9266			2,9266 J.P. 2,9266 B.	2,9266	2,0480
Air	1,2927	1,2928			1,2928	0,90469

Pour nous résumer nous formulerons de la façon suivante les conclusions que l'on peut dégager des travaux effectués à Genève depuis trois ans, comparés à ceux exécutés dans d'autres laboratoires :

1° Les méthodes actuelles pour la détermination des densités des gaz donnent, entre les mains d'expérimentateurs différents, des résultats concordant généralement à $^1/_{10000}$ au moins, dès que l'on prend la moyenne d'une demie douzaine d'observations ne présentant pas entr'elles un écart extrême supérieur à $^3/_{10000}$ ou même $^5/_{10000}$.

2° Cette concordance peut-être obtenue même avec des gaz aussi difficiles à dessécher ou à purifier que NH_3, SO_2, HCl, NO ; il suffit pour cela que les ballons

aient été bien desséchés avec l'air sec, puis par plusieurs rinçages successifs, avec le gaz parfaitement sec sur lequel on doit opérer; dans ces conditions on ne trouve pas de différences appréciables entre les moyennes obtenues avec des ballons de 3,5 litres et de 0.5 lit., les actions de surface sont donc négligeables pour une précision de l'ordre du $^1/_{10000}$.

3° Le principal effort de l'expérimentateur doit porter sur la purification du gaz; les procédés basés sur la liquéfaction du gaz, suivie de rectifications à basse température, sont à recommander d'une façon spéciale.

4° Il est préférable de calculer directement le poids du litre normal de gaz, plutôt que de rapporter les densités à celles d'un gaz de comparaison (oxygène ou air); à la condition de faire le calibrage des ballons à 0°, on détermine leur volume avec une précision de l'ordre du $^1/_{30000}$ à laquelle ne peut prétendre aucune mesure de densité de gaz, à moins de ne faire un nombre très considérable d'expériences.

5° Les valeurs actuellement les plus probables des densités des gaz, — déterminées avec une précision de l'ordre du $^1/_{10000}$, — sont réunies dans les colonnes V et VI du dernier tableau.

Genève. Laboratoire de chimie physique de l'Université.

ÉTUDE

SUR LES

Variations du II[e] Module d'élasticité de l' « invar »

EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C.-E. GUYE et H. WŒLFLE

Introduction.

Dans son ouvrage : « Les Applications des Aciers au Nickel » M. Ch.-Ed. Guillaume a établi l'allure générale de la variation du premier module d'élasticité des aciers au nickel en fonction de la température (p. 34). Il s'est appuyé d'une part sur une communication faite par M. le prof. Thury à la Classe d'horlogerie de la Société des Arts de Genève, relative à l'augmentation du module d'élasticité de l'invar soumis à une élévation de température, et d'autre part sur les études faites par M. Perret de la Chaux-de-Fonds sur la marche de montres munies de spiraux en acier au nickel de teneurs différentes[1]. Dans les expériences de M. Perret, effectuées spécialement en vue de la compensation, les limites de températures ont été — 30° + 40°. Nous avons

[1] Ch.-Ed. Guillaume, Aciers au nickel p. 27.

pensé qu'il serait intéressant d'établir la courbe des variations du IIe module, au moins pour l'invar, dans des limites de températures assez étendues et de suivre le phénomène jusqu'au delà du point de transformation de cet alliage.

Avant nous, MM. A. Fornaro et C.-E. Guye ont fait quelques mesures du IIe module de l'invar entre 30° et 100°, à l'occasion d'un travail sur la « Détermination de la variation résiduelle du IIe module d'élasticité d'un fil d'invar soumis à des changements de température[1]. »

La méthode employée dans nos expériences est la méthode des coïncidences, la même qui a servi à MM. A. Fornaro et C.-E. Guye. Nous avons également opéré sur les deux mêmes fils et utilisé le même dispositif avec quelques modifications qu'exigeaient nos recherches. De ce fait la description de l'appareil et la discussion de la méthode et des causes d'erreurs se trouveront notablement abrégées dans cet exposé; pour plus de détails, nous renvoyons à la publication de MM. Fornaro et C.-E. Guye.

Description de l'appareil.

Il se compose essentiellement de deux fils d'invar auxquels étaient suspendus des disques formant deux systèmes oscillants. Chaque disque portait un miroir à l'aide duquel on observait, à travers une lunette placée à une distance de 2^{m}50 environ, le passage par la position d'équilibre. Pour rendre possible l'observation

[1] Fornaro et C.-E. Guye, *Archiv. des Sc. phys. et naturelles*, Juin 1904.

simultanée, les deux systèmes étaient suspendus l'un devant l'autre. Celui d'arrière, ou système de comparaison, devait être placé dans des conditions toujours les mêmes dans toutes les expériences de façon que sa durée d'oscillation demeurât invariable. Pour le premier, par contre, il fallait pouvoir faire varier la température.

La suspension des fils d'invar était telle que par le jeu d'une vis tangente l'on pouvait ramener très exactement les miroirs dans deux plans parallèles. Le tout était assujetti à une console en fer scellée dans le mur. Chaque fil passait ensuite dans un manchon à double enveloppe; celui du fil de comparaison pouvait être parcouru par un courant d'eau tiède à température constante.

Le tube central du manchon du système d'expérience était entouré d'une triple couche de carton d'amiante de 1 m/m d'épaisseur, destinée à l'isoler électriquement; il portait un enroulement bifilaire très régulier en fil de fer pour le chauffage électrique. L'enroulement lui-même était entouré d'une couche de 2 cm. de Kieselguhr destinée à maintenir une température uniforme sur toute la longueur du manchon en éliminant à la fois les courants de convection gazeuse, et les variations brusques de régime.

Les disques avaient un diamètre de 16 cm. et une épaisseur de 3 m/m environ. Ils portaient une surcharge formée par un anneau de laiton de 2 cm. de largeur et 2,3 m/m d'épaisseur. Les miroirs fixés sur l'axe de chaque disque se trouvaient à une hauteur telle que le bord inférieur de l'un et le bord supérieur de l'autre étaient situés sur une même horizontale. Une

inclinaison convenable des miroirs permettait d'apercevoir les images de l'échelle l'une au dessus de l'autre.

L'eau était mise en circulation dans le manchon du fil de comparaison au moyen d'une turbine actionnée par un moteur alternatif. L'eau du manchon se renouvelait ainsi entièrement en une minute et demie. Elle était puisée dans un réservoir de 35 litres de contenance dans lequel plongeait un thermomètre indiquant les cinquantièmes de degré.

Pour maintenir constante la température de cette eau on avait recours au même dispositif que dans les expériences de MM. Fornaro et Guye. Dans la cuve plonge un tube en U rempli d'une solution de $Ca\ Cl_2$ à 10 $^0/_0$. Celui-ci communique à l'extérieur avec un autre tube en U dont l'une des branches pouvait être fermée par un robinet. La solution, en se dilatant, refoulait dans l'autre branche un index de mercure sur lequel flottait un curseur en ébonite traversé par un fil de platine. Celui-ci passe dans un tube capillaire qui le guide et peut venir en contact avec une petite plaque en platine également. L'index de mercure restait constamment en contact avec un fil de platine soudé dans le tube. Entre ce fil et la petite plaque sont intercalés un accumulateur et un électro-aimant. Le fonctionnement de celui-ci avait pour but d'interrompre le circuit d'une lampe à incandescence placée à l'intérieur d'un petit manchon au sein de la cuve et destinée à chauffer l'eau. Par le refroidissement de l'eau la solution se contractait et rompait ainsi le contact du fil du curseur avec la petite plaque de platine ; le circuit de la lampe se trouvait alors rétabli. Il était facile de reproduire la même température à un dixième de degré près par le

seul jeu du robinet du tube en U. Dans nos expériences la température de l'eau était de 35°,2 environ et les variations n'atteignaient que 0°,3 degré pour les différents jours.

Le chauffage électrique du manchon renfermant le fil d'expérience pouvait être réglé par un tableau de lampes en dérivation et un rhéostat à boudins ; pour de petites différences, nous nous servions d'un petit rhéostat à gros fil et à glissière. Ce dernier était particulièrement utile, à la nuit tombante, lorsque le service électrique de la ville forçait de quelques unités le voltage du courant ; ce qui exigeait une surveillance continue en ce moment.

Dans les deux manchons, la mesure de la température se faisait par des thermomètres à résistance de platine. Le fil de ces thermomètres avait une épaisseur de $^{1}/_{10}$ de mm. ; il était soudé à l'argent, par ses deux extrémités, à de gros fils de cuivre. Le fil supérieur passait à travers un bouchon en carton rouge épais et aboutissait à une borne. Ce bouchon était percé d'un trou pour laisser passer la tige d'acier à laquelle était fixé le fil d'invar. Grâce à ce dispositif le fil d'expérience et le fil de platine du thermomètre se trouvaient l'un à côté de l'autre à une distance de 5 $^{m}/_{m}$ environ sur toute leur longueur. Le bouchon fermait l'extrémité supérieure du tube central qui contenait les deux fils ; la fermeture étaient complétée par une garniture de ouate. Un échange d'air avec l'extérieur était donc impossible par le haut. En bas, le gros fil de cuivre, dont le poids suffisait pour tendre le fil de platine, plongeait dans un dé à coudre rempli partiellement de mercure et servant de seconde borne. Le fil de platine, avec ses

fils de jonction, formait l'une des branches d'un pont de Wheatstone ; les fils de jonction étaient identiques pour les deux thermomètres. La corde du pont était un fil de manganine de 1.637 ohms de résistance. Pour augmenter la sensibilité nous avons ajouté de part et d'autre de la corde une bobine en fil de manganine de 20 ohms ; l'ensemble de ces bobines et de la corde équivalait alors à un pont de 25434 $^{m}{}_{m}$ de longueur. La sensibilité du galvanomètre était suffisante pour déterminer le zéro à un quart de $^{m}{}_{m}$ près. Pour éviter l'échauffement des conducteurs nous avons employé une pile Daniell ; donc une source à faible potentiel.

Il fallait veiller encore à ce que les deux fils de platine à l'intérieur des manchons eussent une température uniforme sur toute leur longeur. Pour remplir cette condition dans la mesure du possible, nous avons placé les fils de façon que leurs extrémités se trouvent à une distance de 10 cm. environ des extrémités du tube (dans les mêmes conditions que les fils d'invar). La partie inférieure des manchons et les disques étaient, du reste, enfermés dans une caisse en bois pour les protéger contre les courants d'air.

Discussion des causes d'erreurs.

§ 1. — *Sensibilité de la méthode.*

Si l'on appelle τ et τ' les durées d'oscillation de deux systèmes et n le nombre d'oscillations du second système entre deux coïncidences successives, on a

$$n\tau' = (n+2)\tau \qquad (1)$$

Si par suite d'un changement quelconque ou d'une

erreur d'observation, une seconde mesure dans les mêmes conditions fournit un nombre d'oscillations différent, en supposant invariable le premier système et par conséquent τ, on a

$$n' \tau'' = (n' + 2) \tau \qquad 2)$$

ou en combinant 1) et 2)

$$\frac{\tau}{\tau''} = \frac{n' (n + 2)}{n (n' + 2)} \qquad 3)$$

Supposons que $n' = n - 2$, il vient

$$\frac{\tau'}{\tau''} = \frac{(n-2)(n+2)}{n^2} = \frac{n^2 - 4}{n^2}$$

D'autre part le second module d'élasticité G étant une fonction de la forme

$$G' = \frac{A}{\tau'^2}$$

en appelant δ l'erreur relative sur G correspondant à une différence d'une double oscillation, on aura

$$\delta = \frac{G' - G''}{G'} = \frac{\tau''^2 - \tau'^2}{\tau''^2} = \frac{8}{n^2}$$

en négligeant le terme du second ordre. Dans nos expériences n a toujours été supérieur à 200 sauf pour les deux derniers points pour lesquels le très fort amortissement ne nous a permis d'observer que 90 osc. à 350° et 30 osc. à 400°. Pour $n = 90$, une différence d'une oscillation double produira donc une erreur encore au dessous de $^1/_{1000}$; pour n égal à 30 elle sera près de $^1/_{100}$. Par contre, il est à remarquer qu'avec 30 osc., τ étant d'environ 20″ et l'intervalle entre deux coïncidences de 10 minutes seulement, les durées

d'oscillations des deux systèmes accusaient une différence de 1″, et on ne trouvait jamais deux nombres différents pour deux coïncidences successives. L'erreur relative, par suite du manque de sensibilité ne pouvait donc dépasser $^1/_{200}$.

§ 2. — *Influence de la dilatation du fil.*

La durée d'oscillation τ d'un fil tordu est donnée par la formule générale

$$\tau = \sqrt{\frac{2\pi K l}{G r^4}} \qquad 1)$$

où l est la longueur du fil ; r son diamètre ; G le second module d'élasticité et K le moment d'inertie du système. Pour distinguer dans les formules nos deux systèmes oscillants, nous désignerons comme ci-dessus les quantités relatives au système de comparaison et affecterons d'un indice les quantités correspondantes du système d'expérience pour les différentes températures.

La carré du rapport des durées d'oscillations des deux systèmes pour une première température est

$$\left(\frac{\tau_1}{\tau}\right)^2 = \frac{G\ r^4\ K_1\ l_1}{G_1\ r_1{}^4\ K\ \ l} \qquad 2)$$

et pour une seconde température

$$\left(\frac{\tau_2}{\tau}\right)^2 = \frac{G\ r^4\ K_1\ l_2\ (1+\alpha t)}{G_2\ r_1{}^4\ (1+\alpha t)^4\ K\ l} \qquad 2^{bis})$$

t étant l'excès de la seconde température sur la première et α le coëfficient de dilatation linéaire du fil d'invar. Le facteur $(1+\alpha\ t)$ s'introduit dans le numérateur. parce que nous avons mesuré la longueur après chaque

expérience, non pas à chaud, mais seulement lorsque le fil était revenu à une température de 18 à 20°.

Le système de comparaison peut être considéré comme invariable, de même le moment d'inertie K_1 du second système. Nous justifierons plus loin cette remarque.

Faisant le rapport de 2) et 2 bis) et résolvant par rapport à G_2, nous aurons

$$G_2 = \frac{\left(\frac{\tau_1}{\tau}\right)^2 l_2}{\left(\frac{\tau_2}{\tau}\right)^2 l_1 (1 + 3\,\alpha t)} G_1 \qquad 3)$$

Désignant par n_1 le nombre d'oscillations du système d'expérience entre deux coïncidences pour la température initiale et n_2 la même quantité pour une seconde température, puisque τ_1 et τ_2 étaient toujours plus grands que τ, on a

$$\frac{\tau_1}{\tau} = \frac{n_1 + 2}{n_1}$$

et

$$\frac{\tau_2}{\tau} = \frac{n_2 + 2}{n_2}$$

En remplaçant dans l'expression 3) et tenant compte de ce que

$$\left(\frac{n_1 + 2}{n_1}\right)^2 \frac{1}{l_1} = A,$$

constante relative au fil de comparaison, on a finalement

$$G_2 = A \left[\frac{l_2}{1 + 3\,\alpha t} \left(\frac{n_2}{n_2 + 2}\right)^2\right] G_1 \qquad 4)$$

Dans la pratique il peut être utile de connaître la variation apparente de G, c'est-à-dire sans tenir compte des changements de dimensions du fil par suite de sa

dilatation. Ce serait par exemple le cas d'une suspension monofilaire utilisée à différentes températures. Si on appelle alors G′ le module apparent, il sera lié au module vrai par la relation

$$G'_2 = G_2 (1 + 3\,\alpha t) \qquad 5)$$

La courbe pointillée de notre figure représente précisément ce module apparent tandis que les courbes pleines sont relatives au module vrai.

Pour calculer la dilatation nous nous sommes servis des données résultant des travaux de M. Ch.-Ed. Guillaume[1] et de MM. G. Charpy et L. Grenet[2] d'après lesquels le coëfficient de dilation linéaire de l'invar est de $1{,}5.10^{-6}$ entre 0 et 200° et de 12.10^{-6} entre 200 et 400°.

En faisant les calculs d'après l'équation 5, on voit qu'aux hautes températures cette erreur affecte presque les centièmes et qu'il faut en tenir compte.

La température initiale étant de 35°, voici pour diverses températures le rapport de G′ à G.

$$G'_{200} = 1{,}00074 \quad G_{200}$$
$$G'_{220} = 1.00146 \quad G_{220}$$
$$G'_{250} = 1.00254 \quad G_{258}$$
$$G'_{300} = 1.00434 \quad G_{300}$$
$$G'_{350} = 1.00614 \quad G_{350}$$
$$G'_{400} = 1.00794 \quad G_{400}$$

La longueur du fil d'expérience était variable. On la mesurait, après chaque expérience, avec un cathétomètre permettant de lire directement les cinquantièmes de m/m. L'erreur possible était de $^1/_{10}$ de m/m au plus. Des lectures répétées n'ont donné qu'une différence de

[1] *Arch. des sc. phys. et nat.* 1903 p. 258.

[2] *Bulletin de la Soc. d'Encouragemement*, 3 mars 1902 p. 410.

1 à 2 cinquantièmes de $^{m}{}_{m}$. La longueur totale du fil était d'environ 80 cm. ; l'incertitude est donc de l'ordre des dix-millièmes au plus.

Enfin, les mesures de longueur du fil, avant et après avoir chauffé à 350 et 400°, nous ont révélé un allongement permanent de 0,36 $^{m}{}_{m}$ pour le point 350 et un nouvel allongement de 0,28 $^{m}/_{m}$ pour le point 400°. L'allongement permanent total est donc encore inférieur à $^{1}/_{1000}$ de la longueur total du fil et nous n'en avons tenu aucun compte. Au point 400° d'ailleurs, la précision n'est plus que de 0,5 $^{0}/_{0}$ à peu près, et une correction serait illusoire.

§ 3. — *Influence de l'amortissement.*

Soit τ la durée d'oscillation non amortie, T la durée d'oscillation amortie.

On a

$$\tau = \frac{T}{\sqrt{1 + \frac{\Lambda^2}{\pi^2}}}$$

$$\Lambda = lg_{nat} \frac{x_n}{x_n + 1}$$

x_n et $x_n + 1$ étant deux amplitudes successives.

Jusqu'à 250° c'est-à-dire jusqu'au point de transformation de l'invar l'amortissement était presque insignifiant. Mais à partir de ce point il croissait très rapidement. Néanmoins son effet resta de beaucoup en dessous des limites de précision auxquelles nous prétendons. Pour 400° nous avions par exemple

$$x_n = 216 \ ^{m}/_{m}$$

$$x_n + 14 = 126{,}5 \ ^{m}/_{m}$$

et par conséquent

$$\sqrt{1 + \frac{\Lambda_2}{\pi^2}} = 1.000074$$

d'où

$$T = 1.000074 \,.\, \tau$$

L'erreur est donc moindre que $^1/_{10000}$.

§ 4. — *Influence de la variation du moment d'inertie.*

Soit a le rayon du disque, M sa masse, θ sa température initiale, $\theta + t$ la température finale et β le coëfficient de dilation linéaire du laiton. Pour un cylindre à base circulaire on a

$$K_\theta = M \frac{a_\theta^2}{2}$$

$$K(\theta + t) = \frac{M}{2} a_\theta^2 (1 + 2\beta t)$$

$$= K_\theta (1 + 2\beta t)$$

Dans nos expériences, t, c'est-à-dire la différence entre les températures extrêmes du disque d'arrière était de 7° et pour celui de devant, exposé davantage au rayonnement, de 11°.

Ces températures ont été mesurées avec des thermomètres placés horizontalement en dessous des disques et à une distance de 2 m/m environ.

Dans les conditions précédentes on avait ainsi :

(pour 7°) $1 + 2\beta t = 1.000252$
(pour 11°) $1 + 2\beta t = 1.000396$
β étant égal à 18.10^{-6}

Ces variations sont donc tout-à-fait insignifiantes.

§ 5. — *Influence des variations de température du fil de comparaison.*

D'après les expériences de MM. A. Fornaro et C.-E. Guye un accroissement de 1° de la température ne modifie le rapport $\frac{\tau'}{\tau}$ que d'une quantité très petite. ce rapport devient

$$\frac{\tau'}{\tau} = 1 - 0.0003$$

Or la variation de température du fil de comparaison n'a atteint que 0°,3 dans nos expériences. La correction y relative peut par conséquent être négligée aussi.

Nous arrivons donc à la conclusion que nous avons bien le droit de supposer invariable le système de comparaison dans les limites de précision que nous nous sommes imposées. Désormais τ peut être regardé comme constant.

§ 6. — *Mesure de la température.*

La graduation des thermomètres à résistance de platine a été effectuée en mesurant leur résistance aux températures de la fusion de la glace, de la vapeur d'eau bouillante et de la vapeur de naphtaline. Ce dernier point est connu avec une grande précision grâce à un travail de MM. A. Jacquerod et E. Wassmer [1]. Ces trois mesures nous ont permis de déterminer les coëfficients de la formule

$$R = R_0 (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

et nous avons trouvé

$$\alpha = 1585.10^{-6}$$
$$\beta = -0.187.10^{-6}$$

[1] *Journal de Chimie Physique*, 1904 p. 52.

Toutes les résistances employées dans nos expériences, ainsi que celle de la corde du pont, ont été comparées aux bobines d'une boîte de résistances de Carpentier garantie au millième.

L'étude complète de notre dispositif que nous ne reproduisons pas ici nous permet d'affirmer que toutes les températures sont connues à un degré près, sauf pour le point 400°, qui comporte, à notre avis, une incertitude de 1°,3 environ; les lectures pouvaient être faites au dixième de degré.

Quant au fil de comparaison, il n'était pas nécessaire de connaître la valeur absolue de la température, mais seulement les petites variations qui se produisaient pendant une série de mesures. Et puisque le thermomètre de ce fil était à peu près identique à celui du fil d'expérience et, de plus, provenait d'un même échantillon de platine, nous nous sommes servi, en raison de la petitesse du coëfficient β, de la formule linéaire pour l'appréciation de ces petites variations de température. Pour ce thermomètre il suffisait donc de connaitre les résistances à 0° et à 100°.

Entre les deux séries de mesures que nous avons faites, un petit accident au remontage de l'appareil, a produit un faible allongement du thermomètre du système d'expérience ce qui rendait nécessaire un second calibrage.

Pour nous assurer que le thermomètre n'a pas été altéré au cours des expériences, nous avons après chaque série de mesures, vérifié sa résistance à 0° et l'avons trouvée identique.

(A suivre.)

NITRATION

DE QUELQUES DÉRIVÉS DU P-AMINOPHÉNOL

(Suite)

PAR

Frédéric REVERDIN

(avec la collaboration de M. **Fritz DINNER**)[1]

Pour faire suite aux recherches publiées précédemment[2] sur le même sujet, nous avons étudié la nitration dans différentes conditions des dérivés du p-aminophénol renfermant à l' « hydroxyle » les groupes acétyle ou benzoyle et à l'« amino » le groupe sulfonetoluène et vice-versa.

[1] *Arch. Sc. Phys. et nat.* 18 (1904) 433; 19 (1905) 353; 21 (1906) 289; 22 (1906) 124 et 449.

[2] Dans un mémoire publié précédemment nous avons décrit le *O-benzoyl-N-acétylaminophenol* avec le F. 171°; nous avons eu depuis connaissance des recherches de Bishop Tingle et Williams, parues en Amérique (*American Chemical Journal* 37 (1907) 52) peu après notre première publication (*Arch. des Sc. phys. et nat.* Genève 22 (1906) 449) et dans lesquelles ces auteurs indiquent pour ce même produit qu'ils avaient indépendamment préparé le F. 166°.5. L'examen des deux substances dont nous nous sommes envoyés réciproquement des échantillons nous a permis, à ces savants et à nous-mêmes, de constater leur complète identité.

La différence dans les F. indiqués provient donc sans doute des thermomètres ou de la manière de faire la lecture.

Nous avons préparé de la manière suivante les dérivés en question, dont un seul avait, à notre connaissance, été déjà décrit.

Le *1-O-acétyl-4-N-toluènesulfone-aminophénol*



a été préparé en acétylant à la température du bain-marie le N-toluène-sulfone-aminophénol d'Ullmann et Tröger[1], au moyen de l'anhydride acétique. Purifié par cristallisations répétées dans l'acide acétique et l'alcool étendu en présence de noir animal, il se présente sous la forme de feuillets gras au toucher, légèrement rosés, F. 138-139°.

0.185 gr. Sbst.	$N = 7.95^{cc}$	$(12°.736^{mm})$
Calculé pour $C^{15}H^{15}O^{4}SN$		$N = 4.59$ %
Trouvé		$N = 4.88$ %

Ce composé n'est pas soluble à froid dans le carbonate de soude, mais il s'y dissout à chaud en se saponifiant ; il est soluble déjà à froid dans la lessive de soude étendue, qui le saponifie immédiatement ; il est aussi saponifié au bain-marie par l'acide sulfurique concentré ; il est très soluble à froid dans l'acide acétique cristallisable ainsi que dans l'alcool, l'eau le précipite de ces solutions.

Nous avons obtenu le *1-O-benzoyl-4-N-toluènesulfone-aminophénol*



[1] *Journ. f. prakt. Chemie* (2) 51, 438.

en faisant réagir le chlorure de benzoyle sur le N-toluènesulfone-aminophénol dissous dans un léger excès de lessive de soude étendue. Le précipité qui se forme, après avoir été abandonné quelque temps, a été purifié par cristallisations répétées dans l'alcool étendu, puis on l'a fait bouillir avec de l'acide acétique cristallisable en présence de noir animal, la solution additionnée d'eau a été bouillie et a laissé déposer le produit cherché sous la forme d'aiguilles F. 170°.

0.208 gr. Sbst. N = 7,1^{cc}	(12°,737^{mm})
Calculé pour $C^{20}H^{17}O^{4}SN$	N = 3.82 %
Trouvé	N = 3.92 %

Ce composé est soluble dans l'alcool, l'acide acétique cristallisable, le benzène à chaud, moins soluble à froid, difficilement soluble dans la ligroïne. Il est soluble à chaud dans la lessive de soude en se saponifiant en N-toluènesulfone-aminophénol, mais il n'est pas soluble dans la solution de carbonate de soude et l'acide sulfurique concentré ne le saponifie pas à froid.

Le *I-O-toluène-p-sulfone-4-acétylaminophénol*

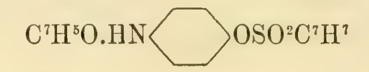


a déjà été préparé par Bamberger et Rising[1] en acétylant le I-O-toluène-p-sulfone-4-aminophénol. Nous l'avons obtenu nous-mêmes en faisant réagir inversément le p-sulfochlorure de toluène sur le N-acétyl-4-aminophénol en présence de carbonate de soude et en chauffant quelque temps au bain-marie.

[1] *Berichte d. deutch. chem. Ges.*, t. 34 (1901) 237.

Le composé formé est identique à celui qui a été décrit par Bamberger et Rising ; il est en aiguilles F. 146°, il est insoluble dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue ; il n'est pas saponifié à froid par l'acide sulfurique concentré.

Enfin nous avons encore préparé et obtenu le *1-O-toluène-sulfone-4-N-benzoylaminophénol*



en faisant réagir à la température du bain-marie le p-sulfochlorure de toluène sur le benzoyl-p-aminophénol en présence de lessive de soude étendue en très léger excès.

Le produit de la réaction se présente sous la forme d'un précipité blanc qu'on filtre et qu'on lave à l'eau ; on le traite ensuite, pour le purifier, avec de l'alcool dans lequel il est très-difficilement soluble, on filtre à froid et on fait cristalliser la partie insoluble dans l'alcool dans une petite quantité d'acide acétique cristallisable.

Le produit purifié est en aiguilles blanches F. 218°.

0.230 gr. Sbst. $N = 8,1^{cc}$	$(13°,721^{mm})$
Calculé pour $C^{20}H^{17}O^4SN$	$N = 3.82$ %
Trouvé	$N = 3.94$ %

Ce composé est assez difficilement soluble dans l'alcool bouillant, il est facilement soluble à chaud dans l'acide acétique cristallisable et un peu moins à froid, il est difficilement soluble dans la ligroïne ainsi que dans le benzène. Il est insoluble dans le carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue à froid ; l'acide sulfurique concentré ne le saponifie pas à froid.

Les quatre composés ci-dessus ont été soumis comparativement à la nitration dans diverses conditions que nous allons relater.

Nitration du 1-O-acétyl-4-N-toluènesulfone-aminophénol. F. 138-139°.

On a nitré ce produit en introduisant, peu à peu, 5 gr. dans 25 cc. d'acide nitrique de D = 1.52, en maintenant constamment la température au dessous de 0°, jusqu'à — 10°. Lorsque tout le produit a été ajouté, on a laissé monter la température jusqu'à 0° puis on a coulé dans l'eau glacée. On peut sans inconvénient laisser monter la température, avant de couler, quelques degrés au-dessus de 0°, mais on a remarqué qu'en tout cas à partir de + 15°, il y a dégagement de gaz et commencement de décomposition. Le précipité après avoir été filtré et lavé, a été cristallisé à plusieurs reprises dans l'alcool, jusqu'à point de fusion constant.

Le produit obtenu est soluble à froid dans la lessive de soude et se dissout aussi complètement, au bout de quelques instants dans la solution froide de carbonate de soude ; il est donc saponifié à l'hydroxyle et correspond, comme on le verra d'après nos observations, au *dinitro-toluènesulfone-aminophénol* de la formule :

$$C^7H^7SO^2HN\langle\bigcirc\rangle OH \quad (NO^2 \text{ en haut}, NO^2 \text{ en bas})$$

Ce composé après avoir été purifié cristallise dans l'alcool en aiguilles F. 157-158°.

0.1908 gr. Subst.	20,3cc N	(16°,741mm)
Calculé pour $C^{13}H^{11}O^7N^3S$		N = 11.83 %
Trouvé		N = 12.02

Le dérivé ci-dessus est facilement soluble dans l'alcool à chaud, moins soluble à froid, il est soluble dans l'acide acétique, pas très soluble dans le benzène, difficilement soluble dans la ligroïne.

Chauffé au bain-marie pendant une heure, avec de l'acide sulfurique concentré il fournit le *dinitro-aminophénol F. 231°* déjà connu et dont la constitution correspond à $C^6H^2.OH.NO^2NO^2.NH^2$ 1.3.5.4.

D'après nos expériences antérieures il est très vraisemblable, étant donné la position des groupes nitro dans ce composé que la saponification a été postérieure à la nitration ; s'il n'en avait pas été ainsi les groupes nitro seraient entrés en positions 2. 6. En soumettant du reste à la nitration dans les mêmes conditions le N-4-toluènesulfone-aminophénol le produit de la réaction se décompose si facilement que l'on ne pourrait admettre que la nitration a été postérieure à la saponification.

Nous avons essayé, mais sans succès, de nitrer le I-O-acétyl-N-4-toluènesulfone-aminophénol au moyen du mélange d'acide sulfurique et nitrique, utilisé dans nos précédents essais et composé de 45 °/₀ d'acide nitrique de D = 1,4 et de 55 °/₀ d'acide sulfurique concentré. Même en dissolvant 2 gr. du produit dans 20 cc. d'acide sulfurique à froid et introduisant peu à peu dans cette solution 2.5 cc. du mélange en maintenant la température à — 10°, il y a dégagement de gaz dès que l'acide a tout été introduit et décomposition lorsqu'on coule le produit de la réaction dans l'eau glacée.

Après avoir fait plusieurs essais en modifiant soit la température, soit les quantités d'acide sulfurique, le

produit se décomposant toujours nous avons renoncé à examiner de plus près cette méthode.

En faisant réagir sur le 1-O-acétyl-N-4-toluènesulfone-aminophénol dissous dans l'anhydride acétique le mélange d'acides sulfurique et nitrique ci-dessus (pour 3.2 gr. de produit 16 cc. d'anhydride acétique, 4 cc. du mélange sulfurique et nitrique) à une température inférieure à 0°, nous avons obtenu un produit insoluble dans la solution de carbonate de soude à froid ; nous avons retiré du produit de la réaction une substance non nitrée cristallisant dans l'alcool en aiguilles blanches F. 145-146° renfermant 4.81 °/₀ d'azote et sur la nature de laquelle nous ne sommes pas encore fixés.

La substance renfermée dans les eaux-mères de la cristallisation soumise à la saponification au moyen de l'acide sulfurique nous a donné du *dinitro-aminophénol* ($OH.NO^2.NO^2.NH^2.1.3.5.4$) accompagné d'une petite quantité de *mononitro-aminophénol*

$$(OH.NO^2.NH^2.1.3.4)$$

En substituant dans cette opération l'acide nitrique de D = 1.52 à l'acide de D = 1.4 et en employant un excès du mélange (6 cc.) nous n'avons pu retirer du produit de la réaction aucune substance cristallisée, mais le produit également insoluble dans la solution de carbonate de soude à froid, directement saponifié nous a fourni un mélange renfermant principalement du *dinitro-aminophénol* en même temps qu'une petite quantité de *mononitro-aminophénol*

Nitration du 1-O-benzoyl-4-N-toluènesulfone-aminophénol F. 170°.

En nitrant le produit ci-dessus par l'acide nitrique seul, dans les mêmes conditions que le dérivé acétylé correspondant, on obtient un composé qui n'est pas saponifié à l'hydroxyle ; il est insoluble à froid dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue, mais il s'y dissout à chaud avec une coloration rouge ; il est peu soluble dans le benzène, soluble dans l'acétone et dans le toluène bouillant, ainsi que dans l'acide acétique bouillant, d'où il se dépose par le refroidissement ; il cristallise de l'alcool étendu en aiguilles brillantes légèrement jaunâtres, qui se transforment lorsqu'on les sèche au bain-marie en une poudre jaunâtre, F. 189-190°.

Ce produit donnant à la saponification au moyen de l'acide sulfurique du dinitroaminophénol

$$(OH.NO^2 NO^2.NH^2 1.3.5.4)$$

et correspondant d'autre part d'après le résultat de l'analyse à un *dérivé tétranitré* est sans doute constitué par une substance de la formule :

$OC^7H^4ONO^2$

NO^2 [cycle benzénique] NO^2

$NHSO^2CH^3C^6H^3NO^2$

0,1146 gr. Subst.	13,8^{cc} N	(13°,714^{mm})
Calculé pour $C^{20}H^{13}O^{12}N^5S$		N = 12,79 %
Trouvé		N = 13,29

Les essais de nitration au moyen du mélange sulfu-

rique et nitrique ont donné le même résultat négatif qu'avec le dérivé acétylé correspondant.

Quant à la nitration en présence d'anhydride acétique au moyen du mélange sulfurique et nitrique avec de l'acide nitrique de D = 1.4 ou de D = 1.52, elle a été dans le premier cas incomplète, mais la partie du produit qui a été nitrée a fourni à la saponification en fait de dérivés du p-aminophénol du *dérivé mononitré* seul. ($OH.NO^2NH^2$ 1.3.4).

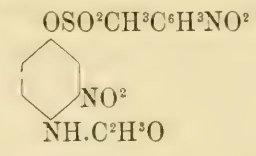
Dans le second cas la réaction, quoique violente et demandant à être dirigée avec précaution, a donné un produit qui n'a aussi fourni à la saponification que du *mononitroaminophénol*.

Nitration du 1-O-toluènesulfone-4-N-acétylaminophénol F. 146°.

En nitrant ce dérivé comme les précédents au moyen de l'acide nitrique seul ou aussi au moyen du mélange sulfurique et nitrique (D = 1.4), il se forme un produit insoluble à froid dans la solution de carbonate de soude, soluble à chaud dans la lessive de soude étendue avec une coloration rouge violacé intense. Cette substance est très soluble dans l'alcool chaud, peu soluble à froid, soluble dans l'acide acétique et le benzène, insoluble dans la ligroïne ; elle cristallise dans l'alcool en paillettes brillantes jaunâtres F. 146°.

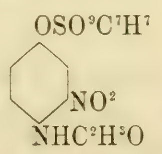
Ce produit correspond, comme le montrent les résultats de l'analyse et l'examen des produits de la saponification au moyen de l'acide sulfurique (mononitroaminophénol $OH.NO^2.NH^2$ 1.3.4 et acide nitrotoluène-p-sulfonique) à un *dérivé dinitré* renfermant un groupe

nitro dans le noyau et le second groupe nitro dans le résidu du sulfotoluène ; il possède donc la formule :



0,2036 gr. Subst.	19^{cc} N	($15°,728^{mm}$)
0,2382 » »	23,6 N	($17°,715^{mm}$)
Calculé pour $C^{15}H^{13}O^6N^3S$		N = 10,63 %
Trouvé		N = 10,41 ; 10,75 %

En nitrant en solution dans l'anhydride acétique avec le mélange sulfurique et nitrique (D = 1.4) on a obtenu un composé également mononitré dans le noyau, mais ne renfermant pas de groupe nitro dans le résidu du sulfotoluène ; ce produit cristallise dans l'alcool en paillettes brillantes légèrement jaunes F. 134°. Ce dérivé est insoluble dans la solution de carbonate de soude à froid, ainsi que dans la lessive étendue de soude mais il se dissout à chaud dans cette dernière. Il a donné à la saponification au moyen de l'acide sulfurique du *mononitro-aminophénol* et correspond par conséquent à la formule :



0,1315 gr. Subst.	$9,7^{cc}$ N	($9°,720^{mm}$)
Calculé pour $C^{15}H^{14}O^6N^2S$		N = 8 %
Trouvé		N = 8,35 %

Les eaux-mères de cristallisation n'ont donné qu'une petite quantité de produit qui soumis à la saponifica-

tion n'a fourni à côté du *mononitro-aminophénol* qu'une petite proportion de *dérivé dinitré*.

Enfin en substituant dans le mélange des acides l'acide nitrique de D = 1.52 à l'acide de D = 1.4 et en opérant avec un excès, le produit de la réaction soumis directement à la saponification donne du *mono-nitro-aminophénol* comme substance principale avec des traces seulement de *dérivé dinitré*.

Cependant si on laisse monter la température du mélange après l'introduction à froid des acides sulfurique et nitrique jusqu'à 20° environ, on trouve dans le produit de la réaction, après l'avoir saponifié, une plus forte proportion de dérivé dinitré.

En nitrant le I-O-toluènesulfone-4-N-acétylaminophénol au moyen du nitrate d'acétyle en excès, en présence d'anhydride acétique entre + 5° et + 10°, expérience que M. Delétra a bien voulu faire sur notre demande, il se forme également, malgré les propriétés fort actives de ce nouvel agent de nitration découvert par MM. le professeur Amé Pictet et E. Khotinsky, le *dérivé mononitré* ci-dessus décrit de F. 134°, sans trace de dérivé dinitré.

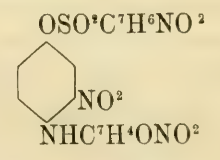
En traitant de nouveau par l'acide nitrique de D = 1.52 à la température ambiante le produit du F. 146°, renfermant un groupe nitro dans le résidu toluènesulfone et un groupe nitro dans le noyau, produit dont il a été question plus haut, c'est à peine si l'on arrive à faire entrer dans une petite partie de ce composé un second groupe nitro dans le noyau; la plus grande partie de la substance ne subit pas de transformation.

Nitration du I-O-toluènesulfone-4-N-benzoylamino-phénol F. 218°.

L'acide nitrique de D = 1.52 en réagissant sur le I-O-toluènesulfone-4-N-benzoylaminophénol dans les conditions habituelles fournit un produit insoluble dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude à froid, soluble dans cette dernière à chaud avec une coloration rouge. Cette substance se dépose de l'acide acétique mais elle cristallise mal, elle est difficilement soluble dans l'alcool et dans la ligroïne, soluble dans l'acétone et le toluène, assez soluble dans le benzène; elle fond mal vers 145-150° environ.

Le résultat de l'analyse et l'examen des produits obtenus par la saponification au moyen de l'acide sulfurique (mononitroaminophénol $OH.NO^2.NH^2$ 1.3.4., acide nitrotoluène-p-sulfonique et acide m-nitrobenzoïque) prouvent que l'on a à faire à un *dérivé trinitré* ne renfermant dans le noyau qu'un seul groupe nitro, les deux autres étant entrés dans les résidus du sulfotoluène et du benzoyle.

Le composé en question correspond donc à la formule :



0,224 gr. Subst.	$22{,}9^{cc}$ N	$(15°, 728^{mm})$
Calculé pour $C^{20}H^{14}O^{10}N^4$		N = 11,19 %
Trouvé		N = 11,41

En saponifiant le produit retiré des eaux-mères de la purification on a retrouvé des traces seulement de

dérivé dinitré et principalement du *dérivé mononitré*.

En nitrant au moyen du mélange sulfurique et nitrique on obtient le même produit. En revanche la nitration en présence d'anhydride acétique, en employant dans le mélange des acides de l'acide nitrique de D = 1.4 ou de D = 1.52, est très imparfaite. Une partie importante du produit reste inattaquée par le fait, sans doute, qu'il est fort peu soluble dans l'anhydride acétique, mais la petite quantité du produit qui a été nitrée a pu être identifiée, d'après l'examen du produit de la saponification, avec celui que nous avions obtenu soit avec l'acide nitrique seul, soit avec le mélange sulfurique et nitrique.

On a aussi essayé de nitrer au moyen du nitrate d'acétyle. en présence d'anhydride acétique, mais on a constaté que cet agent de nitration ne réagissait pas mieux à froid dans ce cas que le mélange sulfurique et nitrique en présence d'anhydride acétique ; à la température du bain-marie il y a eu cependant formation d'un produit qui soumis à la saponification nous a donné un mélange de *mono-et de dinitro-aminophénol*.

Enfin il se forme aussi une petite quantité de *dérivé dinitré* dans le noyau, lorsqu'on soumet à la nitration au moyen de l'acide nitrique de D = 1.52, en laissant monter la température à 25°, le produit trinitré du F. 145-150° dont il a été question plus haut.

Les colorations caractéristiques que donne la lessive de soude étendue avec le mononitroaminophénol ($OH.NO^2NH^2$ 1.3.4) et avec le dinitroaminophénol ($OH.NO^2.NO^2.NH^2$ 1.3.5.4.) ont été mises à profit dans les essais dont nous venons de parler pour reconnaître

dans les produits de la saponification la présence de l'un ou de l'autre de ces composés ou de tous les deux. En effet le mononitroaminophénol donne avec la lessive de soude étendue une coloration violet rouge qui persiste même après avoir chauffé la solution, tandis que le dinitroaminophénol donne une coloration pensée qui disparaît au bout de quelque temps à froid et plus rapidement à chaud.

Il est donc facile de reconnaître en examinant les solutions colorées, immédiatement et après quelques instants, à froid et à chaud, si l'on a à faire au dérivé mononitré, au dérivé dinitré ou au mélange des deux. En utilisant des solutions types, à teneur connue, on peut même approximativement apprécier la proportion relative des deux composés dans un mélange.

Il résulte des essais dont nous venons de parler et de ceux que nous avons déjà publiés sur ce même sujet, que lorsque dans le p-aminophénol l'« hydroxyle » et le groupe « amino » renferment de l'acétyle, du benzoyle ou du toluènesulfone (deux groupes semblables ou deux groupes différents étant distribués dans la molécule) il entre suivant la nature des substituants fixés à l'hydroxyle ou à l' « amino » un ou deux groupes nitro dans le noyau.

Dans les conditions étudiées les groupes « nitro » entrent toujours en positions « ortho » relativement à l' « amino » à la condition toutefois que les réactifs employés n'aient pas provoqué la saponification du groupe fixé à l'hydroxyle avant que l'acide nitrique ait réagi.

L'entrée d'un ou de deux groupes nitro dans le noyau

paraît être bien plus influencée par la nature des substituants fixés à l'amino que par les conditions dans lesquelles on effectue la nitration.

Dans le cas où l'un des hydrogènes du groupe « amino » est substitué par l'acétyle ou par le benzoyle, il n'entre facilement et directement qu'un seul groupe « nitro » quelque soit le procédé de nitration employé.

Il entre aussi dans la plupart des cas un groupe nitro dans le benzoyle et dans le toluènesulfone.

Les différentes méthodes de nitration étudiées ont en général donné des résultats semblables ; cependant lors de la nitration en présence d'anhydride acétique on a observé dans quelques cas particuliers la formation de produits dont l'étude n'est pas encore faite mais qui diffèrent des dérivés nitrés habituels.

Nous avons l'intention de poursuivre ces recherches avec d'autres dérivés encore du p-aminophénol, dans le but de contribuer, si possible, par l'étude de ce cas particulier, à la connaissance encore bien imparfaite de la nitration.

Addition. Dans les recherches faites avec M. Bucky sur la nitration des dérivés du p-aminophénol et en particulier de l'acide p-acétaminophénoxyacétique, publiées précédemment (*Archives* 22 (1906) p. 124), nous avons parlé de deux produits iodés obtenus par décomposition du dérivé diazoïque de l'*acide dinitroaminophénoxyacétique* $C^6H^2.OCH^2COOH.NO^2.NO^2.NH^2$ 1.2.5.4. sur la nature desquels nous n'étions pas alors fixés; de nouveaux dosages d'iode nous ont montré qu'il y avait eu une erreur dans les résultats donnés ;

le produit iodé F. 114-115° renferme en réalité 40.79 °/₀ d'iode au lieu de la quantité indiquée précédemment (p. 133) et correspond donc au *dinitrojodphénol* $C^6H^2.OH.NO^2.NO^2.J$ 1.2.5.4 : le second produit F. 201-202° renferme 34.96 °/₀ d'iode et correspond à l'*acide dinitrojodphénoxyacétique*

$$C^6H^2.OCH^2COOH.NO^2.NO^2.J\ 1.2.5.4.$$

Genève, Laboratoire de chimie organique de l'Université.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 avril 1907.

L. de Saussure, Astronomie des peuples primitifs. — L.-W. Collet. La glauconie.

M. Léopold de SAUSSURE présente une communication sur l'*astronomie primitive*.

D'assez nombreux ouvrages ont été écrits sur l'histoire de l'astronomie : ceux de Bailly et de Delambre dans la première moitié du XIXe siècle ; ceux de Hoefer et de Wolff dans la seconde moitié. Mais ces auteurs n'ont guère traité de la question des origines. Le peu qu'ils en ont dit témoigne d'une singulière méconnaissance du problème. Ce sont de bons traités d'astronomie ancienne, notamment en ce qui concerne les progrès réalisés depuis la fondation de l'Ecole d'Alexandrie. Mais on n'y trouve aucune vue générale rendant compte de la genèse de cette science.

Pour suppléer à cette lacune il faut se demander quels ont été les mobiles auxquels l'astronomie doit sa naissance, quelles sont les constatations qui se sont imposées à l'esprit des primitifs, quels sont les procédés élémentaires d'observation dont ils disposaient ; puis corroborer ces inductions par les faits et les documents historiques parvenus jusqu'à nous.

On arrive ainsi très facilement à établir que deux méthodes, distinctes et même antithétiques, se sont créées

l'une dans les civilisations de l'Occident (Chaldée, Egypte et Grèce) l'autre dans la civilisation chinoise.

L'astronomie chaldéo-grecque, dont notre propre science n'est qu'une prolongation, a eu pour mobile originel le désir de fixer des dates annuelles utiles à l'agriculture ; et pour procédé fondamental l'observation des levers et couchers héliaques qui permet de solutionner le problème sidéro-solaire.

Le déplacement de la Terre sur son orbite a pour effet de modifier la perspective céleste. Il n'est pas possible de constater directement dans quelle constellation se trouve le soleil, mais il est très facile de noter les constellations contigües, qui paraissent, successivement, l'une au couchant et l'autre au levant ; ce qui conduit automatiquement à la conception de l'écliptique et à l'établissement du zodiaque.

Mais la connaissance des positions zodiacales ne résoud en rien le problème tropique du retour des saisons, qui dépend de la position du soleil au dessus et au dessous de l'équateur. Ce deuxième problème est résolu par l'observation des indices tropiques susceptibles d'être repérés par des primitifs : la longueur de l'ombre méridienne ou le déplacement alternatif du lever du soleil sur l'horizon [1].

M. le Dr Léon W. Collet fait une communication sur la *Glauconie.*

La Glauconie que l'on rencontre dans les roches sédimentaires se forme sur le fond de la mer. C'est donc de la glauconie actuelle qu'il faut partir pour étudier la genèse de cet intéressant minéral.

Habitus. La glauconie se présente sous trois formes différentes :

1° Comme *produit de remplissage* de coquilles de foraminifères.

[1] Ces considérations ont été développées dans un article intitulé Prolégomènes d'astronomie primitive comparée, inséré dans les *Archives* du 15 juin 1905.

2° Comme *grains* prenant part à la formation des grès verts et autres roches sédimentaires glauconieuses.

3° Comme *pigment* ou *glauconie pigmentaire* qui imprègne la roche, tel un enduit vert dû à la présence d'une multitude de paillettes sub-microscopiques.

C'est l'étude des *moules glauconitiques* ou « glauconitic casts » des naturalistes du « Challenger » qui a permis à MM. Collet et Lee de distinguer 3 phases différentes dans la formation de la glauconie.

Formation. 1° Le premier stade est représenté par les moules gris, composés exclusivement d'argile, c. à d. de silicate d'alumine.

2° Les diverses nuances de moules bruns représentent divers stades dans le remplacement de l'alumine de l'argile par le peroxyde de fer comme le démontra une analyse qualitative faite sur des moules bruns. En outre ces moules *ne contiennent pas trace de potasse.* Donc le second stade est représenté par un silicate ferrique provenant d'une élimination progressive d'alumine et son remplacement par de l'oxyde ferrique. Les moules bruns clairs contiennent encore de l'alumine, les moules bruns en contiennent très peu.

3° Le dernier stade est celui de la *glauconitisation* des moules brun foncé. On peut en effet constater que certains moules bruns montrent à leur périphérie une manifeste transformation en glauconie, c. à. d. que cette dernière au lieu d'être brune amorphe et opaque, comme dans le second stade, devient verte, cristalline et translucide en lame mince. On peut ainsi suivre toute une gamme de moules dont la partie verte l'emporte de plus en plus sur la partie brune. Les vrais moules glauconitiques sont un silicate ferrico-potassique hydraté, tandis que les moules bruns, comme nous venons de le voir, ne contiennent pas de potasse. La transformation en glauconie est par conséquent connexe de l'introduction de la potasse et aussi probablement de l'entrée de l'eau de constitution.

Composition chimique. L'analyse suivante effectuée par MM. Collet et Lee sur de la glauconie provenant d'un sable

vert dragué en 1873 par le « U. S. S. Tuscarora » à une profondeur de 317 mètres par 38° 32′ de Lat. N. et 123° 34′ de Long. W. pourra désormais, grâce à la pureté du matériel, servir de type.

SiO^2	=	47,46
Fe^2O^3	=	30,83
Al^2O^3	=	1,53
MnO^2	=	traces
FeO	=	3,10
MgO	=	2,41
K^2O	—	7,76
H^2O	=	7,00
		100,09

La Glauconie actuelle est donc un *silicate ferrique* et *non ferreux* comme l'ont prétendu certains auteurs.

Distribution. La glauconie est une caractéristique des « Sables et Boues Vertes » en particulier et des dépôts *Terrigènes* en général. Depuis Murray et Renard les géologues sont à peu près tous d'accord pour admettre que les Feldspaths et les Micas potassiques, en se décomposant. fournissent la potasse nécessaire à la formation de la glauconie ; or ces minéraux terrigènes ne peuvent être transportés jusqu'à la zône de l'Argile Rouge ou « Red Clay » on comprend alors que ces régions abyssales soient pauvres en potasse, et partant dépourvues de glauconie [1].

Séance du 18 avril.

Léopold de Saussure, L'astronomie chinoise. — Cristiani. Propagation des germes infectieux. — A Brun. Cristallisation de l'obsidienne de Lipari.

M. Léopold de SAUSSURE présente un travail sur l'*astronomie chinoise.*

[1] Pour plus de détails voir : « Recherches sur la glauconie » par les Drs L. W. Collet et G. W. Lee. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh.* Vol. XXVI. Part. IV. 1905. Mémoire couronné par la Faculté des Sciences de l'Université de Genève (Prix Davy 1907).

A l'opposé de la méthode chaldéo-grecque qui est écliptique, annuaire, angulaire et vraie, la méthode chinoise, d'un bout à l'autre de l'histoire, est équatoriale, diurne, horaire et moyenne.

Ces caractéristiques seules donnent déjà à penser que cette méthode a pris naissance dans l'emploi de la révolution diurne, par le désir de mesurer les intervalles horaires. Les documents historiques et l'analyse astronomique de la répartition des étoiles fondamentales employées par les Chinois, confirment entièrement cette induction. Dans la haute antiquité, ils ont observé la rotation des étoiles circompolaires autour du pôle objectivé par l'étoile polaire. Ils ont été ainsi amenés à constater que, de trimestre en trimestre, les positions horaires de ces circompolaires sont interverties et se succèdent de 6 heures en 6 heures. La base de l'astronomie chinoise fut par conséquent le méridien, conçu d'abord face au Nord, puis employé ensuite face au Sud. L'invention de la clepsydre, indirectement, attestée par un texte du 24e siècle, leur a permis ensuite de résoudre le problème sidéro-solaire par la notation horaire des passages au méridien [1].

M. le prof. CRISTIANI présente une communication sur la *propagation des germes infectieux.*

M. Albert BRUN fait une communication sur la *cristallisation de l'obsidienne de Lipari.*

Ce verre fait explosion à 830° par degagement de HCl et d'azote engendrés dans sa masse. La ponce qui en résulte ne peut plus cristalliser si on la recuit à n'importe quelle température

L'obsidienne maintenue en dessous de sa température explosive, et plus spécialement vers 523-550° cristallise lentement en fournissant des sphérolites à croix noire. Ces sphérolites peuvent atteindre après 14 jours un diamètre de $^3/_{10}$ à $^6/_{10}$ de millimètre. Ils sont à croix noire

[1] Voir dans les *Archives* du 15 juin l'étude citée plus haut, et dans les *Archives* du 15 juillet, une note complémentaire.

négative, mais souvent le sphérolite présente des fibrilles alternativement — et + dans leur longueur, en sorte que la croix noire est complétée à une certaine distance du centre par un cercle noir qui ne change pas lorsque la coupe tourne dans son plan, et qui représente le lieu des points où l'allongement de la fibrille change de signe optique. L'obsidienne de Lipari titre 75,4 % de silice.

Ces sphérolites obtenus artificiellement présentent une analogie frappante avec les sphérolites de calcédoine à fibrilles hélicoidales observés par MM. Michel Levy et Munier Chalmas.

Cette expérience effectuée sur une obsidienne anhydre, démontre donc rigoureusement que des roches très acides cristallisent sans l'intervention de l'eau et sans influence de la pression. Ceci est un point assez important à établir pour la pétrogénèse des roches acides.

Séance du 6 juin.

Tommasina, Mécanisme de la transmission des radiations. — Eternod. Le trophoderme dans le placenta humain. — E. Joukowsky. Massif d'Arzinol. — Duparc. Géologie du bassin de la Wichera.

M. Tommasina fait une communication *sur le mécanisme vrai de la transmission des radiations et sur la nature électromagnétique de l'élasticité de l'éther*. Dans la théorie ondulatoire de la lumière telle qu'elle est actuellement enseignée on attribue à l'éther une élasticité qualitative et l'on se base sur elle, sans en donner aucun concept physique, pour expliquer la transmission des radiations de toutes les longueurs d'onde. M. Tommasina considère le phénomène radiant comme primordial et absolument inséparable de tous les autres. C'est donc le phénomène radiant qui fait que l'éther, c'est-à-dire le milieu, est électromagnétique ; ce caractère, spécialisé physiquement, appartient conséquemment à toute modification qui s'y passe, à celle élastique comme à toutes les autres.

La pression Maxwell-Bartoli de radiation, désormais

établie expérimentalement, nous force à considérer le rayon, comme une direction de propagation de pression, schématiquement : et mécaniquement nous pouvons le considérer comme un tube de force. Si nous faisons le diamètre de ce tube égal à celui du champ d'action ou de vibration transversale d'un électron, comme la pression longitudinale Maxwell-Bartoli a lieu toujours en même temps que les vibrations transversales, la résultante de ces deux activités simultanées donne lieu nécessairement à un mouvement solénoïdal du noyau de l'électron : c'est le mécanisme vrai de la propagation des radiations.

Il est très probable que les soleils, ou masses radiantes, émettent des radiations de toute nature. S'il en est ainsi il est logique de supposer que ce sont les vibrations transversales extrêmement rapides, celles qui produisent des ondes plus courtes que le diamètre de la sphère d'action de chaque électron, qui doivent créer leur chemin, faisant naître ou constituant l'état élastique apte à transmettre toutes les radiations, depuis les rayons ultra-violets jusqu'aux ondes hertziennes de plusieurs kilomètres de longueur. L'élasticité de l'éther est donc de nature électromagnétique et n'est que l'effet direct du phénomène radiant.

M. le prof. Eternod présente une communication sur le *trophoderme dans le placenta humain.*

M. E. Joukowsky présente une communication sur une *coupe du Massif d'Arzinol.*

L'arête de la pointe d'Arzinol court à peu près N. S. de la pointe de Vouasson jusqu'au confluent de la Dixence et de la Borgne, entre les vallées d'Hérémence et d'Hérens. D'après les contours de la carte géologique (feuilles XVII et XXII), Gerlach indique une zone de « Schistes gris argileux calcaires » formant le soubassement de la pointe d'Arzinol et du Mont Rouge, constitués respectivement de Quartzite et de Dolomie, de sorte que ces deux montagnes formeraient un véritable lambeau de recouvrement sur les

schistes de Casanna que l'on trouve à la Pointe de Mandalon située plus au Nord.

En parcourant l'arête, on peut constater qu'elle montre une succession plusieurs fois répétée de terrains jurassiques et triasiques, qui révèle une structure complexe. Si l'on regarde le massif d'Arzinol en se plaçant à l'Ouest sur l'Alpe de Métal, on voit avec un éclairage favorable, les Quarzites du sommet d'Arzinol plonger vers le Sud, et le plongement se rapprocher de la verticale vers le bas des couches. De tout l'ensemble des faits observés il semble plus logique de conclure que l'on se trouve en présence d'une racine synclinale complexe orientée en gros NE-SW, ayant pour flanc sud les roches triasiques du Mont Rouge et d'Arzinol, et pour flanc Nord les Schistes de Casanna de la pointe de Mandalon au dessus desquels les couches triasiques auraient disparu par étirement.

Un autre fait important à noter, c'est la présence d'une brèche formant un rocher saillant sur l'arête, au Nord du Mont Rouge. Peut-être faut-il rapprocher cette brèche de certains types que l'on rencontre dans la zone de la brèche du Chablais. Le fait est d'autant plus intéressant que c'est dans le voisinage du massif d'Arzinol que M. Schardt indique la racine probable de la nappe de la brèche[1].

M. le prof. DUPARC expose ses vues sur la *Géologie du bassin de la Wichera.*

[1] *Dictionnaire de géographie de la Suisse*, art. Suisse, configuration du sol, profil n° 3.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

O. D. Chwolson. Traité de physique. Ouvrage traduit sur les éditions russe et allemande par E. Davaux, tome Ier, Paris, librairie scientifique A. Hermann 1907.

La réputation du traité de physique du célèbre professeur de l'Université de St-Pétersbourg n'est plus à faire. Nous annoncions ici même il y a trois ans la traduction allemande. Aujourd'hui c'est le tour du public scientifique de langue française d'avoir entre les mains ce bel ouvrage. Cette traduction que nous devons à la plume compétente de M. E. Davaux en est arrivé au 3me fascicule du tome Ier qui traite de l'état liquide et de l'état solide des corps et est enrichi de 136 figures dans le texte, exécutées avec beaucoup de soin.

Cette édition revue et considérablement augmentée par l'auteur lui-même est complétée par des notes sur la physique théorique par MM. E. et F. Cosserat et par une bibliographie très étendue. Nous n'insistons pas davantage sur les mérites de cet ouvrage. Il suffit d'en signaler l'apparition au monde savant pour lui assurer un bon accueil.

Joseph von Sury. Radioactivité de quelques sources minérales suisses. Dissertation, Fribourg (Suisse), 1906.

L'attention des physiciens comme celle des médecins a été attirée au cours des dernières années sur le fait que les eaux des fleuves et de la mer sont inactives, alors que les eaux des sources, et plus spécialement les eaux des sources thermales sont actives comme l'est l'air contenu dans le sol. On a été enclin de différents côtés à attribuer

les propriétés curatives des eaux thermales à leur radioactivité, et si cette question n'est pas encore élucidée d'une manière difinitive, on approchera davantage de sa solution physiologique lorsque l'on possédera un matériel d'observations conséquent, surtout pour les sources dont la composition chimique n'explique pas les propriétés curatives.

L'auteur s'est inspiré pour ses mesures de la méthode employée par H. Mache et St. Meyer dans leur travail sur les eaux thermales de Bohême. L'eau dont on veut mesurer la radioactivité est enfermée dans un vase dans lequel on fait barboter au moyen d'une soufflerie l'air d'une cloche de métal, hermétiquement fermée, dans laquelle sont emprisonnés le cylindre disperseur et l'électroscope isolé. Deux fenêtres permettent les lectures. Au bout d'un certain temps, on peut considérer le régime créé dans la cloche par l'air qui se charge d'émanation à son passage dans l'eau radioactive comme permanent, et l'on mesure la décharge de l'électroscope pour un temps t (généralement 15 min.), dont on déduit la décharge pendant le même temps, lorsque la cloche de métal est remplie de l'air de la salle.

Les eaux de Baden ont été étudiéés à fond par l'auteur. Il a mesuré la radioactivité des 15 sources que l'on rencontre dans cette localité et a constaté que deux sources jaillissant du même endroit et présentant une composition chimique identique peuvent cependant présenter des différences quant à la quantité d'émanation qu'elles contiennent. Il a reconnu encore que le cœfficient d'absorption de l'eau pour l'émanation diminue avec la température et que les sources froides sont toujours plus radioactives que les sources chaudes.

En exprimant la vitesse de déperdition en fonction du temps, l'auteur obtient deux courbes suivant que l'électroscope est chargé positivement ou négativement. Ces deux courbes sont semblables; mais les ordonnées de la courbe correspondant à la charge négative ont une valeur supérieure au même temps à celles de la courbe positive. Les

deux courbes se rapprochent l'une de l'autre à mesure que le temps croit.

L'examen des gaz des eaux de Baden a montré qu'après en avoir séparé l'acide carbonique et l'hydrogène sulfuré, le résidu est tout aussi actif même légèrement plus que le mélange primitif. Ce résidu se compose d'azote qui fut absorbé grâce à un dispositif spécial et d'argon dont la présence fut confirmée par l'analyse spectrale. La radioactivité de cet argon par rapport à celle du matériel initial est comme 208,3 : 1.

Outre les eaux de Baden (0.58), l'auteur a étudié les eaux de Louèche (0.26), Bonn (0.29), Schwarzenburg (0.16), Ragaz (0.33), Alvaneu (1.12), Andeer (0.51), Fideris (0.87), Dissentis (11.37) Branlère (0.72). La radioactivité est exprimée en unités de Mache. L'unité de Mache signifie l'augmentation du courant exprimée en $^1/_{1000}$ d'unités électrostatiques due en $^1/_4$ d'heure à la quantité d'émanation contenue dans un litre d'eau ou de gaz.

Le gaz de la source de Baden est beaucoup plus radioactif que les dépôts et matières en solution dans l'eau, ainsi que les sédiments qui ne paraissent posséder qu'une radioactivité induite. La substance radioactive proviendrait des couches plus profondes, et appartiendrait probablement pour la source de Baden au Muschelkalk.

D. Pacini. Intorno ad un fenomeno di polarita di scarica. Nota estratta dal Nuovo Cimento, Serie V, vol. XIII fasc. di Marzo 1907.

M. D. Pacini a repris dans son laboratoire au Bureau Central de Météorologie à Rome les expériences sur l'effet Elster et Geitel décrites par MM. Ed. Sarasin, Th. Tommasina et F.-J. Micheli dans leur Note « Sur la genèse de la radioactivité temporaire » parue en 1904 dans *Comptes rendus de l'Ac. des Sc. de Paris*. Ses résultats ont confirmé les précédents, tant qu'il s'est tenu au mêmes dispositifs. Il a obtenu les deux courbes de désactivation, avec la positive toujours plus élevée, par l'action de la radioactivité induite sur des fils métalliques. Ensuite ayant remplacé le fil enroulé sur une grille cylindrique, par des

cylindres de papier, recouverts d'une couche de sels d'uranium actifs, recouvert donc de très petits cristaux, il obtint une dispersion rapide, et voulut alors essayer si d'autres substances cristallisées, non radioactives produisaient aussi une dispersion. Celle-ci se produisit, en effet, avec des substances, telles que : sulfate de sodium, bisulfate de quinine, sulfate de magnesium, sulfate d'ammonium, sulfate de nickel, bichromate de potassium, alun de potassium. L'auteur conclut que l'état de la surface dispersive peut donc donner une polarité de décharge très sensible, même avec des potentiels si bas qu'ils ne permettent pas de penser à des effluves. Pourtant nous croyons que le phénomène étudié par M. Pacini n'est probablement que l'effet connu des pointes, les petits cristaux pouvant très bien jouer ce rôle. Th. T.

CHIMIE

Ludwig Paul. Notice sur l'acide 3 ou 6 gaïacolsulfonique de Rising. (*Ber. der. D. Chem. Ges.*, t. 39, p. 4093 à 4095; Bâle 1906).

Dans un travail récent Rising a voulu démontrer que l'acide p-gaïacolsulfonique de Barell est un acide 3 ou 6 et que soit l'acide 4, soit l'acide 5-gaïacolsulfonique chauffés longtemps à 125° se transforment en un même acide *v*, puis il a ajouté que l'on se trouverait en présence d'une transposition d'un acide phénolsulfonique qui se produit en sens inverse. L'auteur du présent mémoire réfute cette appréciation et les conclusions tirées par Rising de ses recherches ; l'acide appelé v-gaïacolsulfonique et l'acide p-gaïacolsulfonique de Barell doivent être considérés comme de l'acide pyrocatéchine-sulfonique ; il n'y a pas de transposition lorsqu'on chauffe longtemps à 125° l'acide 4 ou l'acide 5 gaïacolsulfonique mais bien élimination d'un groupe méthyle.

L'auteur a en effet transformé l'acide v-gaïacolsulfonique de Rising en vératrolsulfonate de potassium qui est identique à celui que l'on obtient avec les acides 4 et 5 gaïacolsulfoniques. Il ne peut donc se former, comme Rising l'a admis par erreur, de l'acide orthosulfonique.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1907

Le 1er, pluie dans la nuit, à 4 h. et à 9 h. du soir.
2, pluie à 7 h. du soir.
4, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin,
5, pluie depuis 10 h. du soir.
6, pluie dans la nuit.
9, forte rosée le matin.
10, rosée le matin.
12, très fort vent le matin; pluie et fort orage depuis 4 h. du soir.
13, pluie dans la nuit et jusqu'à 1 h. du soir.
14, forte bise pendant la journée.
17, forte rosée le matin.
18, forte rosée le matin.
20, rosée le matin.
21, quelques gouttes de pluie dans la matinée.
22, orage à 2 h. et pluie depuis 4 h. du soir.
23, pluie dans la nuit et jusqu'à 10 h. du matin.
24, forte rosée le matin.
27, forte rosée le matin.
28, rosée le matin; fort orage depuis 7 h. 20 m, et pluie depuis 9 h. du soir.
29, pluie dans la nuit; violent orage depuis 5 h. 50 m.; forte chute de pluie et grêle dans la soirée.

Jour du Mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	21.5	20.0	21.8	**21.01**	− 5.28	**19.9**	21.8	S. 1	SSW. 2	SSW. 1	var.	5.1	10	5	10	9	2.3	8.5	7
2	22.2	21.4	25.0	22.79	− 3.54	21.9	25.3	SSW. 1	WSW. 1	S. 1	SSW. 1	8.0	7	8	10	8	4.1	0.4	1
3	27.6	28.0	29.6	27.79	+ 1.41	25.8	29.6	SSW. 1	WSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	6.7	6	5	10	7	7.8	2.0	4
4	29.2	28.8	29.0	28.90	+ 2.48	28.4	29.4	NNW. 1	W. 1	NE. 1	var.	4.6	10	6	0	4	9.5	0.7	1
5	27.9	25.1	24.8	26.15	− 0.31	22.0	29.0	N. 1	NNE. 1	WSW. 2	SSW. 2	6.8	1	7	10	7	11.0	12.2	6
6	27.2	27.2	27.3	26.95	+ 0.45	26.5	27.3	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	9.2	2	4	10	4	12.2	....	....
7	26.9	27.0	27.7	27.12	+ 0.58	26.5	27.8	SSW. 1	SSW. 1	NNE. 1	var.	6.9	10	10	10	10	....	....	....
8	27.2	26.5	26.2	26.73	+ 0.15	25.9	27.6	NNE. 1	NNE. 2	N. 1	N. 1	6.3	1	1	0	1	13.0	....	....
9	26.6	25.1	24.1	25.41	− 1.21	23.7	26.6	N. 1	NNE. 1	S. 0	NNE. 1	3.6	1	0	2	1	**13.1**	....	....
10	26.2	25.7	26.8	25.81	− 0.85	24.6	27.0	S. 0	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	5.3	2	7	9	6	10.9	....	....
11	27.9	26.9	25.6	26.68	− 0.02	25.3	27.9	N. 1	N. 1	N. 0	N. 1	5.9	8	4	2	5	6.8	....	....
12	24.9	25.3	26.4	25.47	− 1.27	24.4	27.8	N. 0	SSW. 3	WSW. 2	SSW 2	6.5	6	5	10	8	6.8	**37.8**	**20**
13	26.8	26.8	28.7	27.31	+ 0.53	26.6	28.7	N. 1	S. 0	N. 1	var.	5.8	10	10	10	10	....	11.0	7
14	29.0	29.3	30.9	29.36	+ 2.55	28.5	31.0	NE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	**15.3**	10	10	10	10	....	....	....
15	30.7	30.2	30.7	30.32	+ 3.47	29.4	31.0	N. 1	NNE. 2	SE. 0	var.	7.5	10	3	6	6	8.4	....	....
16	30.6	30.0	30.4	30.34	+ 3.45	29.9	30.7	S. 0	N. 1	NNE. 1	N. 1	6.3	6	7	3	5	10.8	....	....
17	30.8	29.2	28.3	29.56	+ 2.64	27.8	30.9	S. 0	NNE. 1	NE. 0	N. 1	8.4	0	6	10	6	12.0	....	....
18	28.5	27.0	26.9	27.39	+ 0.43	26.0	28.5	N. 1	N. 1	SE. 1	N. 1	3.9	0	5	8	5	11.2	....	....
19	28.6	29.0	29.9	28.57	+ 1.58	26.9	30.0	S. 0	NNE. 1	SE. 1	var.	1.9	7	5	0	3	11.1	....	....
20	30.0	27.9	25.8	28.15	+ 1.12	25.5	30.0	S. 0	NNE. 1	NE. 1	var.	3.6	0	0	2	1	**13.1**	....	....
21	26.5	27.6	28.5	27.16	+ 0.10	25.5	28.8	SSW. 1	SSE. 1	S. 0	var.	6.3	10	10	9	9	....	0.1	....
22	29.2	27.5	29.7	28.74	+ 1.65	27.3	29.7	N. 1	NNE. 2	SSW. 1	NNE. 1	3.5	10	9	10	9	3.8	31.1	19
23	29.0	31.3	32.3	30.48	+ 3.36	28.4	**32.6**	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	SSW. 1	4.2	10	10	10	9	1.8	7.6	5
24	32.1	30.9	29.7	**31.05**	+ **3.89**	29.3	32.2	NE. 1	NNE. 1	S. 1	NNE. 1	3.9	2	10	1	7	7.2	....	....
25	29.8	28.9	29.6	29.50	+ 2.31	28.8	30.0	SW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	6.8	10	10	6	8	2.9	....	....
26	29.6	28.6	28.8	29.01	+ 1.79	28.2	29.6	S. 0	SSW. 2	S. 0	SSW. 1	3.9	7	1	0	3	11.1	....	....
27	30.3	29.8	29.3	29.65	+ 2.40	28.6	30.5	S. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.5	1	6	1	2	12.3	....	....
28	30.5	27.3	29.6	28.73	+ 1.45	26.2	30.5	S. 1	WSW. 1	SSW. 1	var.	5.9	7	4	10	7	10.5	8.0	3
29	27.2	24.5	25.7	26.06	− 1.24	23.4	28.9	SW. 1	WSW. 1	S. 1	var.	4.7	9	2	10	8	7.5	27.8	5
30	21.8	21.5	20.1	21.77	− **5.56**	20.0	25.2	S. 0	SSW. 2	N. 1	var.	3.7	10	10	10	10	....	2.3	4
Mois	27.88	27.14	27.65	27.47	+ 0.28							5.90	6.0	6.3	6.6	6.3	221.2	148.9	82

Jour du Mois	Température							Fraction de Saturation en %							Tempér. du Rhône		Limnimètre.
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Midi	Ecart avec la normale	
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+11.4	+17.5	+11.7	+13.04	− 2.30	+10.7	+19.0	94	57	81	80	+10	47	95	13.7	0.0	1335
2	12.0	17.2	12.0	13.22	− 2.24	9.8	19.0	76	51	76	69	− 1	45	89	....	.....	1320
3	11.0	15.8	12.4	12.78	− 2.80	10.1	17.2	61	42	51	55	−15	38	71	9.0	− 4.5	1340
4	10.0	17.8	13.2	13.61	− 2.06	9.2	20.2	86	35	57	58	−12	**23**	95	8.7	− 5.4	1342
5	10.4	16.0	14.5	13.59	− 2.23	**6.0**	23.2	75	51	47	70	0	39	95	8.8	− 5.4	1320
6	13.9	17.8	13.4	15.10	− 0.84	11.1	19.5	84	49	62	61	− 9	32	96	8.3	− 6.0	1345
7	11.0	18.2	13.8	15.06	− 1.00	12.4	20.3	67	47	76	61	− 9	40	80	8.5	− 5.9	1345
8	13.3	18.0	16.5	15.69	− 0.48	11.8	21.1	70	56	75	60	−10	37	90	8.8	− 5.7	1355
9	12.2	21.7	18.1	16.29	+ 0.01	10.0	23.0	86	45	65	69	− 1	38	96	....	.....	1350
10	17.9	24.2	20.1	20.21	+ **3.85**	11.8	27.0	64	57	67	64	− 6	35	93	9.3	− 5.5	1360
11	16.8	20.9	18.0	18.65	+ 2.15	15.9	23.2	81	59	82	72	+ 2	54	88	11.5	− 0.4	1355
12	17.2	23.6	14.3	17 85	+ 1.24	13.4	25.0	80	50	81	78	+ 8	45	94	15.2	+ 0.2	1341
13	12.2	12.4	11.9	**12.34**	− **4.37**	11.3	14.5	90	87	78	**89**	**+19**	75	99	11.0	− 1.1	1480
14	12.4	14.2	14.7	14.01	− 2 78	11.7	17.1	61	75	72	68	− 2	53	75	14.0	− 1.2	1490
15	14.6	19.2	17.4	16.86	− 0.06	13.5	21.3	80	61	84	72	+ 2	53	95	14.5	− 0.8	1540
16	11.8	20.3	16.8	17.28	+ 0.26	11.9	24.8	87	61	62	67	− 3	38	90	....	.....	1500
17	14.0	18.7	17.6	16.50	− 0.61	10.0	22.2	67	50	72	63	− 7	35	85	16.0	+ 0.5	1520
18	11.7	20.4	19.3	17.62	+ 0.41	10.7	24.0	70	46	72	63	− 7	38	96	16.5	+ 0.9	1520
19	18.8	23.0	18.8	19.99	+ 2.69	15.3	25.7	54	36	60	**52**	**−18**	31	85	16.9	+ 1.2	1540
20	16.0	21.8	21.0	18.44	+ 1.05	11.2	25.2	60	43	56	61	− 9	32	94	16.9	+ 1.1	1560
21	20.0	23.7	17.9	**20.91**	+ 3.43	16.6	24.9	56	47	82	63	− 7	46	89	16.0	0.0	1525
22	17.5	19.9	14.3	17.54	− 0.03	13.4	24.5	84	76	85	86	+16	59	100	16.3	+ 0.3	1540
23	12.2	13.3	12.0	13.59	− 4.06	11.9	18.0	94	85	75	84	+14	50	100	....	.....	1590
24	12.6	18.4	14.0	14.85	− 2.88	9.7	20.7	74	37	75	65	− 4	32	93	16.8	+ 0.5	1590
25	11.4	20.0	14.8	15.39	− 2.42	10,0	21.0	74	45	84	65	− 4	43	94	14 5	− 1.8	1580
26	15.0	23.6	20.4	19.14	+ 1.26	13.0	26.0	78	41	30	60	− 9	33	87	14.9	− 1.6	1540
27	15.4	22.0	18.7	17.55	− 0.41	10.7	24.6	76	38	64	66	− 3	35	90	12.8	− 3.7	1545
28	16.6	27.7	17.0	19.81	+ 1.78	13.1	**29.0**	75	40	90	69	0	35	95	14.0	− 2.6	1550
29	16.8	25.1	16.0	18.79	+ 0.70	13.5	28.0	92	48	82	75	+ 6	45	91	15.5	− 1.2	1580
30	+11.2	+20.3	+17.5	+16.61	− 1.55	+12.0	+21.0	94	61	82	80	+11	52	95	....	.....	1610
Mois	+14.41	+19.76	+15.94	+16.41	− 0.40	+11.83	+23.01	76	52	71	68	− 2			13.38	− 1.98	1464

MOYENNES DE GENÈVE. — JUIN 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	25.97	25.96	26.25	26.21	25.47	25.20	25.45	26.41	25.87
2e »	28.61	28.42	28.78	28.74	28.16	27.56	27.78	28.46	28.31
3e »	28.79	28.45	28.60	28.51	27.78	27.45	27.67	28.47	28.21
Mois	27.79	27.61	27.88	27.82	27.14	26.74	27.00	27.78	27.47

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+11.92	+11.09	+12.61	+15.59	+18.42	+18.64	+16.69	+13.95	+14.86
2e »	14.45	13.05	15.15	18.02	19.45	20.39	18.89	16.25	16.96
3e »	14.78	13.77	15.47	19.05	21.40	21.26	18.14	15.47	17.42
Mois	+13.72	+12.64	+14.41	+17.55	+19.76	+20.10	+17.57	+15.22	+16.41

Fraction de saturation en %.

1re décade	79	82	76	58	49	48	56	69	65
2e »	79	84	73	63	57	55	63	74	68
3e »	84	86	80	64	52	58	66	82	71
Mois	81	84	76	62	52	53	61	78	68

Dans ce mois l'air a été calme 161 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{75}{76} = 0.99.$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		727.56
Nébulosité		6.3
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+16°.70
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$	+16°.51
Fraction de saturation		66 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875).	727.19
Nébulosité	(1847-1875).	5.4
Hauteur de pluie	(1826-1875).	76mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	11
Température moyenne	(id.).	+16°.81
Fraction de saturat.	(1849-1875)	70 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	156.2	159.3	165.9	170.8	155.1	137.2	189.5

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	177.2	148.9	142.8	169.5	167.0	150.8

Durée totale de l'insolation à Jussy : 203h.9.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUIN 1907

Le 1er, neige le matin; brouillard l'après-midi; pluie.
2, brouillard le soir; pluie et neige.
3, brouillard le matin; pluie et neige.
4, neige le matin; très forte bise à 1 h. du soir.
6, neige le matin; pluie; brouillard le soir.
11, très fort vent l'après-midi; pluie.
12, très fort vent; brouillard; pluie.
13, pluie.
14, très forte bise; brouillard l'après-midi.
20, brouillard le soir.
21, brouillard le matin; pluie le soir.
22, très fort vent et pluie.
23, très forte bise; neige et brouillard.
les 28 et 29, pluie; le 28, coup de tonnerre à 5 h. du soir; le 29, orages lointains pendant la soirée.
le 30, vent violent et brouillard.

Jour du Mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	60.6	60.2	60.6	**60.5**	**− 5.2**	**60.0**	60.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	2.9	1
2	60.4	60.9	62.8	61.4	− 4.4	60.2	63.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	8	10	9	2.0	1
3	64.0	64.3	65.3	64.5	− 1.4	63.8	65.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	2	3	5	1.5	1
4	65.0	65.8	67.3	66.0	+ 0.1	64.8	67.4	NE. 1	NE. 3	NE. 1	NE. 2	10	3	0	4	....	....
5	67.0	66.8	66.2	66.7	+ 0.7	65.9	67.2	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	3	8	4	....	....
6	64.4	64.6	65.3	64.8	− 1.3	64.2	65.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	4.2	....
7	64.8	65.6	66.1	65.5	− 0.7	64.6	66.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	7	7	10	8	....	....
8	65.9	66.6	67.8	66.8	+ 0.5	65.6	68.0	NE. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	2	0	2	....	....
9	67.6	68.2	68.6	68.1	+ 1.8	67.3	68.8	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
10	68.1	68.3	69.1	68.5	+ 2.1	67.9	69.3	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	5	5	4	....	....
11	68.9	69.1	69.0	69.0	+ 2.5	68.7	69.4	NE. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	3	4	5	4	1.2	....
12	68.1	68.4	67.4	68.0	+ 1.4	67.0	68.6	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	4	8	7	18.0	....
13	65.3	65.1	66.3	65.6	− 1.1	64.8	66.5	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	**32.1**	....
14	66.1	67.2	68.8	67.4	+ 0.7	65.8	69.0	NE. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	4.4	....
15	69.6	70.2	70.7	70.2	+ 3.4	69.3	71.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	2	8	10	7	....	....
16	70.1	70.1	70.2	70.1	+ 3.2	69.9	70.4	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	0	5	10	5	....	....
17	69.5	69.1	69.3	69.3	+ 2.3	68.9	70.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	6	2	....	....
18	68.4	68.7	69.4	68.8	+ 1.8	68.2	69.6	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	0	2	4	2	....	....
19	69.0	69.6	70.7	69.8	+ 2.7	68.8	70.9	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	5	0	5	....	....
20	70.9	71.0	70.9	70.9	+ 3.7	70.6	71.2	SW. 1	SW 1	NE. 1	SW. 1	0	0	5	2	....	....
21	70.1	70.0	70.6	70.2	+ 2.9	69.8	70.8	SW. 2	NE. 1	SW. 1	SW. 1	10	8	10	9	3.6	....
22	70.4	69.8	69.1	69.8	+ 2.5	68.8	70.5	SW. 3	SW. 2	SW. 2	SW. 2	7	10	10	9	4.7	....
23	67.6	67.7	68.1	67.8	+ 0.4	67.3	68.7	SW. 2	NE. 2	NE. 3	NE. 2	10	10	10	10	6.5	....
24	68.2	69.1	69.0	68.8	+ 1.4	68.1	69.2	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	4	2	3	3	....	....
25	68.1	68.0	68.6	68.2	+ 0.7	67.8	69.0	SW. 1	SW. 2	NE. 2	SW. 2	2	7	10	6	....	....
26	69.2	69.8	70.6	69.9	+ 2.3	69.1	70.8	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	5	2	0	2	....	....
27	70.1	71.9	72.5	**71.5**	**+ 3.9**	69.8	**72.7**	SW 2	SW. 2	NE. 1	SW. 2	5	5	0	3	....	....
28	71.5	71.4	70.7	71.2	+ 3.5	70.5	71.8	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	4	7	10	7	7.9	....
29	69.7	68.5	68.2	68.8	+ 1.0	68.0	70.0	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	6	2	10	6	18.4	....
30	65.7	64.8	63.9	64.8	− 3.0	63.5	66.2	SW. 4	SW. 3	SW. 4	SW. 4	10	10	10	10	....	....
Mois	67.48	67.69	68.10	67.76	+ 0.65							5.7	5.1	6.6	5.8	107.1	3

Jour du mois	Température: 7 heures	Température: 1 heure	Température: 9 heures	Température: Moyenne 3 Observ.	Température: Ecart avec la normale	Température: Minimum	Température: Maximum	Fraction de saturation en %: 7 h.	Fraction de saturation en %: 1 h.	Fraction de saturation en %: 9 h.	Fraction de saturation en %: Moyenne 3 Obs.	Fraction de saturation en %: Min.	Fraction de saturation en %: Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 1.2	+ 3.8	− 0.4	+ 1.5	− 1.2	− 0.1	+ 6.2	94	78	95	89	75	98
2	− 0.7	2.9	− 1.2	+ 0.3	− 2.5	− 1.2	3.8	92	76	95	88	70	97
3	− 1.7	2.1	− 2.7	− **0.8**	− 3.7	− 2.8	2.7	96	60	95	84	58	99
4	− 2.5	1.8	− 1.2	− 0.6	− 3.6	− 3.0	2.2	94	62	80	78	45	95
5	+ 4.0	7.6	+ 3.6	+ 5.1	+ 2.0	− 0.8	9.0	23	46	80	50	20	88
6	− 0.2	2.8	− 0.4	0.7	− 2.5	− 0.4	3.6	98	62	99	86	55	100
7	− 0.1	1.0	+ 0.4	1.4	− 1.9	− 1.5	4.2	80	68	97	82	63	98
8	+ 2.5	10.1	4.1	5.8	+ 2.4	− 0.5	10.6	79	55	78	71	50	93
9	4.2	13.4	7.1	8.3	+ 4.7	+ 2.6	**14.1**	56	24	43	**41**	**18**	60
10	7.8	12.8	6.4	9.0	+ **5.4**	5.4	14.0	56	54	88	66	46	95
11	6.9	9.8	7.0	7.9	+ 4.1	5.4	11.8	66	43	92	67	33	94
12	5.0	10.7	5.6	7.1	+ 3.3	5.0	10.9	98	56	90	81	52	99
13	0.8	2.3	0.9	1.3	− 2.7	0.6	5.7	92	93	95	93	83	97
14	0.3	2.3	1.4	1.3	− 2.7	0.2	4.4	97	94	96	96	75	98
15	5.1	7.8	4.6	5.8	+ 1.7	1.8	9.0	73	65	98	79	54	99
16	4.1	8.0	2.6	4.9	+ 0.7	2.6	8.2	70	65	96	77	56	98
17	4.1	8.7	4.7	5.8	+ 1.5	1.8	9.0	35	51	88	58	26	95
18	4.8	11.0	5.2	7.0	+ 2.6	3.2	12.2	67	33	80	60	27	90
19	3.4	7.3	3.6	4.8	+ 0.3	3.2	8.6	94	62	97	84	35	100
20	7.0	12.0	8.4	**9.1**	+ 4.5	3.8	13.7	32	35	94	54	25	95
21	6.9	10.6	7.0	8.2	+ 3.5	6.8	10.8	97	69	78	78	52	98
22	7.3	+ 7.9	+ 4.8	6.7	+ 2.0	+ 1.6	8.2	70	68	94	77	62	96
23	+ 3.5	0.0	− 1.4	0.7	− **4.1**	− 1.4	4.8	83	97	97	92	80	99
24	− 3.1	+ 4.9	+ 4.2	2.0	− 2.9	− **4.5**	6.0	97	61	65	75	64	98
25	+ 3.1	7.6	2.2	4.3	− 0.7	+ 2.0	8.0	53	51	96	67	43	97
26	3.8	8.7	6.2	6.2	+ 1.2	2.0	9.6	72	58	74	68	48	75
27	5.6	9.1	7.6	7.4	+ 2.3	5.0	12.8	83	58	75	72	38	85
28	6.8	9.9	5.4	7.4	+ 2.2	5.2	10.0	84	62	90	79	58	91
29	4.9	8.6	5.0	6.2	+ 0.9	1.1	9.0	87	73	96	85	58	97
30	+ 4.6	+ 4.9	4.3	4.6	− 0.7	+ 3.2	+ 5.2	100	96	100	**99**	78	100
Mois	+ 3.31	+ 7.12	+ 3.52	+ 4.65	+ 0.56	+ 1.73	+ 8.29	77	62	88	76		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUIN 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	64.78	65.13	65.91	65.28	77	58	85	73
2e »	68.59	68.85	69.27	68.91	72	60	93	75
3e »	69.06	69.10	69.13	69.10	83	69	86	79
Mois	67.48	67.69	68.10	67.76	77	62	88	76

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 1.45	+ 6.16	+ 1.63	+ 3.08	+ 2.72
2e »	4.15	7.99	4.40	5.51	5.24
3e »	4.34	7.22	4.53	5.36	5.15
Mois	+ 3.31	+ 7.12	+ 3.52	+ 4.65	+ 4.37

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{78}{62} = 1.26$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	59.9	67.3	63.8	107.4
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	3cm

SUR LES TRAJECTOIRES

DES

CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

SOUS

L'ACTION DU MAGNÉTISME TERRESTRE

AVEC APPLICATION AUX AURORES BORÉALES

PAR

Carl STÖRMER

Professeur à l'Université de Christiania

(*Suite*[1])

(avec la planche I)

CHAPITRE II

DÉVELOPPEMENTS ANALYTIQUES POUR LE CAS D'UN AIMANT ÉLÉMENTAIRE

4. *Première réduction des équations correspondant au cas d'un aimant élémentaire.*

Nous allons considérer maintenant le cas spécial où le champ magnétique est dû à un aimant élémentaire, cas d'un intérêt considérable pour les applications. Dans un mémoire[2] paru en 1904 dans *Videnskabs-*

[1] Voir *Archives*, juillet 1907, t. XXIV, p. 5.

[2] Sur le mouvement d'un point matériel portant une charge d'électricité sous l'action d'un aimant élémentaire.

Selskabets Skrifter, Christiana, j'ai donné une série de résultats sur les trajectoires dans ce cas, avec applications aux aurores boréales ; dans ce qui suit, nous aurons à plusieurs reprises l'occasion de citer ce mémoire.

Plaçons notre système de coordonnées de manière que l'aimant élémentaire soit situé à l'origine, avec son axe le long de l'axe des z et le pôle sud vers les z positifs. Alors X, Y et Z seront les dérivées partielles de $M\frac{z}{r^3}$ où M est le moment de l'aimant et où $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$; on aura par conséquent :

$$X = -M\frac{3xz}{r^5}, \quad Y = -M\frac{3yz}{r^5}, \quad Z = -M\frac{3z^2 - r^2}{r^5}$$

de telle sorte que les équations différentielles de la trajectoire seront, pour un corpuscule négatif :

$$\begin{aligned} H_0\rho_0 \frac{d^2x}{ds^2} &= \frac{M}{r^5}\left[3yz\frac{dz}{ds} - (3z^2 - r^2)\frac{dy}{ds}\right] \\ H_0\rho_0 \frac{d^2y}{ds^2} &= \frac{M}{r^5}\left[(3z^2 - r^2)\frac{dx}{ds} - 3xz\frac{dz}{ds}\right] \\ H_0\rho_0 \frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{M}{r^5}\left[3xz\frac{dy}{ds} - 3yz\frac{dx}{ds}\right] \end{aligned}$$

Si la charge est positive, il faut remplacer $H_0\rho_0$ par $-H_0\rho_0$. Cependant, on obtient le même effet en remplaçant x par $-x$, c'est-à-dire en renversant la direction positive de l'axe des x. *Donc, pour la même valeur de* $H_0\rho_0$, *les trajectoires des corpuscules positifs sont l'image de celles des corpuscules négatifs par rapport au plan des yz.*

Il suffit donc de connaître les trajectoires des cor-

puscules négatifs. Introduisons la constante c définie par l'équation

$$c = \sqrt{\frac{M}{H_0\rho_0}} \tag{2}$$

Alors le système prend la forme :

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d^2x}{ds^2} &= \frac{c^2}{r^5}\left[3yz\frac{dz}{ds} - (3z^2 - r^2)\frac{dy}{ds}\right] \\
\frac{d^2y}{ds^2} &= \frac{c^2}{r^5}\left[(3z^2 - r^2)\frac{dx}{ds} - 3xz\frac{dz}{ds}\right] \\
\frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{c^2}{r^5}\left[3xz\frac{dy}{ds} - 3yz\frac{dx}{ds}\right]
\end{aligned}\right\} \quad \ldots.(II)$$

Nous allons voir qu'il suffit de connaître les trajectoires pour le cas où $c = 1$. En effet, en prenant pour nouvelle variable indépendante $\sigma = \frac{1}{c}s$, et au lieu de x, y, z et r les variables[1] :

$$\xi = \frac{x}{c}; \quad \eta = \frac{y}{c}; \quad \zeta = \frac{z}{c} \quad \text{et} \quad \rho = \frac{r}{c}$$

il viendra :

$$\frac{dx}{ds} = \frac{c\,d\xi}{c\,d\sigma} = \frac{d\xi}{d\sigma}; \quad \frac{d^2x}{ds^2} = \frac{d}{ds}\left(\frac{dx}{ds}\right) = \frac{d}{ds}\left(\frac{d\xi}{d\sigma}\right) = \frac{1}{c}\frac{d^2\xi}{d\sigma^2}$$

et ainsi de suite, ce qui donne :

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d^2\xi}{d\sigma^2} &= \frac{1}{\rho^5}\left[3\eta\zeta\frac{d\zeta}{d\sigma} - (3\zeta^2 - \rho^2)\frac{d\eta}{d\sigma}\right] \\
\frac{d^2\eta}{d\sigma^2} &= \frac{1}{\rho^5}\left[(3\zeta^2 - \rho^2)\frac{d\xi}{d\sigma} - 3\xi\zeta\frac{d\zeta}{d\sigma}\right] \\
\frac{d\zeta^2}{d\sigma^2} &= \frac{1}{\rho^5}\left[3\xi\zeta\frac{d\eta}{d\sigma} - 3\eta\zeta\frac{d\xi}{d\sigma}\right]
\end{aligned}\right\} \quad \ldots.(II')$$

[1] Comme on le voit, ρ est pris ici avec une autre signification qu'auparavant.

ce qui est un système de la même forme que le système (II), mais où c^2 est remplacé par 1. Soit T' une trajectoire du système (II') et T la trajectoire correspondante du système (II). Alors T sera déduit de T' par la transformation :

$$x = c\xi, \quad y = c\eta, \quad z = c\zeta, \quad s = c\sigma$$

c'est-à-dire *T et T' sont homothétiques par rapport à l'origine, le rapport entre les dimensions étant égal à c.*

On voit ainsi comment la constante $c = \sqrt{\frac{M}{H_0\rho_0}}$ détermine les dimensions des trajectoires, et comment il suffit de les connaître pour le cas où $c = 1$, ce qui constitue une simplification dans le traitement analytique.

Supposons donc $c = 1$, de manière que notre système devient :

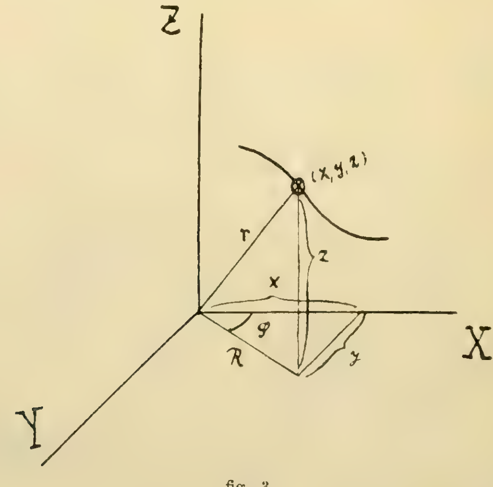


fig. 3.

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d^2x}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[3yz\frac{dz}{ds} - (3z^2 - r^2)\frac{dy}{ds}\right]\\
\frac{d^2y}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[(3z^2 - r^2)\frac{dx}{ds} - 3xz\frac{dz}{ds}\right]\\
\frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[3xz\frac{dy}{ds} - 3yz\frac{dx}{ds}\right]
\end{aligned}\right\} \quad \ldots\text{(III)}$$

Vu la symétrie autour de l'axe des z, introduisons des coordonnées semi-polaires R et φ (voir fig. 3) définies par les équations :

$$x = \mathrm{R}\cos\varphi, \quad y = \mathrm{R}\sin\varphi.$$

Comme on a

$$x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds} = \mathrm{R}^2\frac{d\varphi}{ds}$$

$$x\frac{d^2y}{ds^2} - y\frac{d^2x}{ds^2} = \frac{d}{ds}\left(\mathrm{R}^2\frac{d\varphi}{ds}\right)$$

et

$$x\frac{d^2x}{ds^2} + y\frac{d^2y}{ds^2} = \mathrm{R}\frac{d^2\mathrm{R}}{ds^2} - \mathrm{R}^2\left(\frac{d\varphi}{ds}\right)^2$$

les équations du système (III) donnent

$$\frac{d^2\mathrm{R}}{ds^2} = \mathrm{R}\left(\frac{d\varphi}{ds}\right)^2 + \frac{r^2 - 3z^2}{r^5}\mathrm{R}\frac{d\varphi}{ds}$$

$$\frac{d^2z}{ds^2} = \frac{3z}{r^5}\mathrm{R}^2\frac{d\varphi}{ds}$$

et

$$\frac{d}{ds}\left(\mathrm{R}^2\frac{d\varphi}{ds}\right) = -\frac{3\mathrm{R}^2z}{r^5}\frac{dz}{ds} - \frac{r^2 - 3z^3}{r^5}\mathrm{R}\frac{d\mathrm{R}}{ds}$$

Mais, au second membre de la dernière équation, on aura, puisque $r^2 = \mathrm{R}^2 + z^2$,

$$-\frac{3\mathrm{R}^2z}{r^5} = \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\mathrm{R}^2}{r^3}\right)$$

et

$$-\frac{r^2 - 3z^2}{r^5}\mathrm{R} = \frac{\partial}{\partial \mathrm{R}}\left(\frac{\mathrm{R}^2}{r^3}\right);$$

le second membre sera ainsi la dérivée de $\frac{R^2}{r^3}$ par rapport à s ; on peut donc intégrer, ce qui donne

$$R^2 \frac{d\varphi}{ds} = 2\gamma + \frac{R^2}{r^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(IV)$$

où γ est une constante d'intégration, qui peut avoir des valeurs allant de $-\infty$ à $+\infty$.

Donc, en résumé, le système (III) conduit au système suivant :

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2R}{ds^2} &= R\left(\frac{d\varphi}{ds}\right)^2 + \frac{r^2 - 3z^2}{r^5} R \frac{d\varphi}{ds} \\ \frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{3z}{r^5} R^2 \frac{d\varphi}{ds} \\ R^2 \frac{d\varphi}{ds} &= 2\gamma + \frac{R^2}{r^3} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots(V)$$

D'autre part, comme s désigne l'arc de la trajectoire, on a :

$$R^2\left(\frac{d\varphi}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 = 1 \quad \ldots\ldots\ldots(V')$$

Si l'on élimine $\frac{d\varphi}{ds}$ entre ces équations, on sera conduit au système :

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2R}{ds^2} &= \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^5} - \frac{1}{r^3}\right) \\ \frac{d^2z}{ds^2} &= \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\frac{3Rz}{r^5} \\ \text{avec} \quad \left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 &= 1 - \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)^2 \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots(VI)$$

Comme nous allons le voir dans le paragraphe 8, ce

système est susceptible d'une simplification remarquable qui facilite considérablement l'étude des trajectoires.

Les équations des systèmes (V) et (VI) ont déja été trouvées dans mon mémoire de 1904.

5. *Conséquences de la relation IV.* *Parties de l'espace non parcourues par des trajectoires.*

Nous allons étudier à fond la relation

$$R^2 \frac{d\varphi}{ds} = 2\gamma + \frac{R^2}{r^3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(IV)}$$

et en tirer les conséquences. Par des considérations infinitésimales, on voit facilement que $R \frac{d\varphi}{ds}$ est égal au sinus de l'angle que fait la tangente de la trajectoire avec le plan passant par son point de contact et par l'axe des z ; en appelant cet angle θ et en comptant θ positif ou négatif selon que φ croît ou décroit quand s croît, on aura donc (voir fig. 4) :

$$\sin\theta = \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \qquad (3)$$

Par cette équation, on peut trouver l'angle θ en chaque point de la trajectoire, quand la constante d'intégration γ est donnée ; soit d'autre part T une trajectoire quelconque et soit (x_0, y_0, z_0) un point arbitraire sur T ; désignons de plus par R_0, r_0 et θ_0 les valeurs de R, r et θ en ce point ; alors la valeur de γ correspondante à cette trajectoire T sera donnée par la formule :

$$\gamma = \frac{R_0 \sin\theta_0}{2} - \frac{R_0^2}{2r_0^3}$$

De l'équation donnant $\sin\theta$, nous pourrons tirer des

conclusions importantes. Considérons, en effet, toutes les trajectoires correspondant à *une même valeur* de la constante d'intégration γ. Comme on a toujours $-1 \overline{\overline{<}} \sin\theta \overline{\overline{<}} 1$, la partie de l'espace où

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} < -1$$

ou bien

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} > 1$$

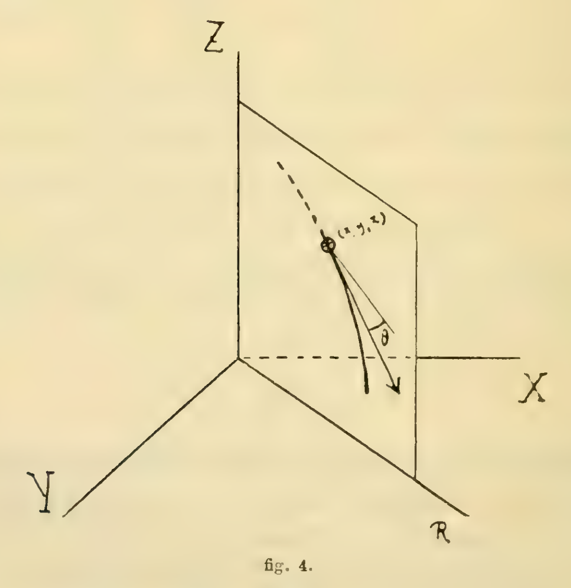


fig. 4.

ne peut contenir aucune de ces trajectoires ; elles seront donc toutes situées dans une partie de l'espace définie par les inégalités

$$-1 \overline{\overline{<}} \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \overline{\overline{<}} 1$$

Appelons cette partie Q_γ ; pour chaque valeur de la

constante d'intégration γ, on aura ainsi un tel espace $Q\gamma$, dont les trajectoires correspondantes ne peuvent sortir.

Toutes les trajectoires possibles se trouvent donc classées en une série infinie de familles, chaque famille étant caractérisée par une valeur particulière de γ et les trajectoires de cette famille ne sortent jamais de l'espace $Q\gamma$ correspondant. Nous reviendrons bientôt à la discussion des espaces $Q\gamma$.

Mais nous en tirons d'autres conclusions aussi ; en effet, les points où $\sin\theta$ a une valeur donnée k sont donnés par l'équation

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} = k \tag{4}$$

Les points pris en considération seront donc tous situés sur une surface de révolution avec l'axe des z comme axe. Considérons un plan quelconque passant par l'axe des z et, dans ce plan, choisissons pour axes de coordonnées les lignes suivantes :

1° Pour axe des R, la ligne d'intersection avec le plan des xy.

2° Pour axe des z l'ancien axe des z de notre système de coordonnées dans l'espace.

Alors la surface de révolution visée plus haut sera engendrée en faisant tourner autour de l'axe des z la courbe ayant pour équation dans le plan des R z :

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{(R^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} = k \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Appelons cette courbe [γ, k].

En particulier, si $k = o$, cette courbe sera une ligne de force magnétique et par conséquent, la tangente à la

trajectoire sera située dans le même plan que l'axe des z partout où la trajectoire coupe la surface de révolution engendrée par cette ligne de force.

Dans ce qui suit, nous appelerons q_γ la partie du plan R z, qui appartient à l'espace Q_γ.

6. *Discussion des courbes* $[\gamma, k]$ *et des espaces* Q_γ.

Dans mon mémoire de 1904, j'ai fait la discussion détaillée des courbes $[\gamma, k]$ et des espaces Q_γ pour γ variant de $-\infty$ à $+\infty$. Comme cette discussion est indispensable pour ce qui va suivre, je vais la reproduire.

Considérons d'abord les courbes $[\gamma, k]$.

En introduisant des coordonnées polaires r et ψ définies par les équations

$$R = r\cos\psi, \quad z = r\sin\psi$$

l'équation (5) prendra la forme

$$kr^2\cos\psi - 2\gamma r - \cos^2\psi = 0$$

ce qui donne

$$r = \frac{\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 + k\cos^3\psi}}{k\cos\psi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (5')$$

Voilà l'équation des courbes $[\gamma, k]$. On peut aussi exprimer R et z par l'angle ψ et écrire :

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{\gamma}{k} \pm \sqrt{\left(\frac{\gamma}{k}\right)^2 + \frac{\cos^3\psi}{k}} \\ z &= R\,tg\psi \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (5'')$$

et sous cette forme, le calcul numérique des courbes est assez facile.

Considérons donc les diverses formes de ces courbes suivant les valeurs de γ depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$ et celles de k depuis -1 jusqu'à $+1$. Par définition, R et r ne sont jamais négatifs. De plus, on voit par la forme des équations que chaque courbe γ, k est symétrique par rapport à l'axe des R.

Soit d'abord $\gamma < -1$.

En posant $\gamma = -\gamma_1$, ou $\gamma_1 > 1$, on aura donc

$$r = \frac{\pm\sqrt{\gamma_1^2 + k\cos^3\psi} - \gamma_1}{k\cos\psi}$$

Pour k positif, pour que r soit positif, il faut choisir le signe supérieur. L'équation peut alors être écrite de la manière suivante :

$$r = \frac{\cos^2\psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 + k\cos^3\psi}}$$

Si ψ varie de 0 à $\frac{\pi}{2}$, r variera de la valeur $\frac{1}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 + k}}$ à zéro. La courbe aura donc la forme d'un ovale passant par l'origine.

Pour $k = 0$, cet ovale sera réduit à la ligne de force

$$r = \frac{\cos^2\psi}{2\gamma_1} \quad \text{..................(6)}$$

Si k est négatif, $= -k_1$, on aura pour r deux valeurs correspondant à une branche intérieure passant par l'origine et une branche extérieure s'étendant vers l'infini.

La branche *intérieure* sera

$$r = \frac{\cos^2\psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1\cos^3\psi}}$$

Si ψ varie de 0 à $\frac{\pi}{2}$, r variera de $\frac{1}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1}}$ à

zéro ; cette branche sera donc un ovale passant par l'origine.

La branche *extérieure* sera :

$$r = \frac{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1 \cos^3\psi}}{k_1 \cos\psi}$$

Donc, si ψ varie de zéro à $\frac{\pi}{2}$, r variera de $\frac{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1}}{k_1}$ à l'infini et R tendra vers la limite $\frac{2\gamma_1}{k}$, c'est-à-dire que la branche aura une asymptote parallèle à l'axe des z à une distance $\frac{2\gamma_1}{k_1}$ de cet axe.

Considérons une ligne droite, partant de l'origine et coupant la branche intérieure en un point (R_1, z_1) et la branche extérieure en un point (R_2, z_2). Alors les équations (5″) font voir que $\frac{1}{2}(R_1 + R_2)$ est constant égal à $\frac{\gamma_1}{k_1}$, c'est-à-dire qu'une parallèle à l'axe des z à une distance de $\frac{\gamma_1}{k_1}$ de celui-ci divise en deux parties égales tout segment de rayon vecteur compris entre les deux branches. Comme d'autre part $R_1 < R_2$, les branches sont séparées.

Cela posé, si k varie de -1 à $+1$, la région du plan Rz parcourue par les courbes $[\gamma, k]$, région que nous avons appelée q_γ sera composée de deux parties *séparées :*

1° Une partie intérieure, contenant l'origine et située entre les courbes

$$r = -\frac{\cos^2\psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 + \cos^3\psi}} \qquad \text{(7)}$$

et

$$r = \frac{\cos^2\psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - \cos^3\psi}} \qquad \text{(8)}$$

Cette partie contient à son intérieur la ligne de force $[-\gamma_1, 0]$.

2° Une partie extérieure comprenant la partie du plan Rz située à droite de la courbe

$$r = \frac{\gamma_1 - \sqrt{\gamma_1^2 - \cos^3 \psi}}{\cos \psi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

et s'étendant vers l'infini.

Remarquons encore, que si γ_1 croît on voit par la forme des équations (7) et (8) que les courbes frontières de la partie intérieure tendent à se confondre avec la ligne de force (6) de telle sorte que cette partie devient de plus en plus étroite. (Voir fig. 5)[1].

D'un autre coté, si γ_1 tend vers 1, c'est à dire si γ tend vers -1, alors la partie intérieure et la partie extérieure s'approchent l'une à l'autre pour se confondre au point (1,0) quand γ devient égal à -1.

Sur la planche I, on voit les parties intérieures et extérieures[1] correspondant à $\gamma = -1{,}016$.

Considérons ensuite le cas ou $\gamma = -1$.

Si k est positif, on aura comme dans le cas précédent un ovale passant par l'origine. Pour $k = 0$ on a la ligne de force $r = {}^1/_2 \cos^2 \psi$ et si k est négatif et > -1, la courbe aura deux branches séparées se rapprochant de plus en plus quand k tend vers -1. Pour $k = -1$ enfin on aura la courbe

$$r = \frac{1 \pm \sqrt{1 - \cos^3 \psi}}{\cos \psi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

[1] La figure 5 et les figures de la série supérieure de la planche I représentent les sections des espaces Q_γ par un plan passant par l'axe des z; les régions q_γ sont les parties blanches à droite de cet axe. Sur la planche I, la ligne $[\gamma, 0]$ est pointillée. Quant aux cercles pointillés de la fig. 5, nous en parlerons dans le chap. IV.

avec *point double* sur l'axe des R à la distance 1 de l'origine En formant $\frac{dr}{d\psi}$ on voit facilement qu'en ce

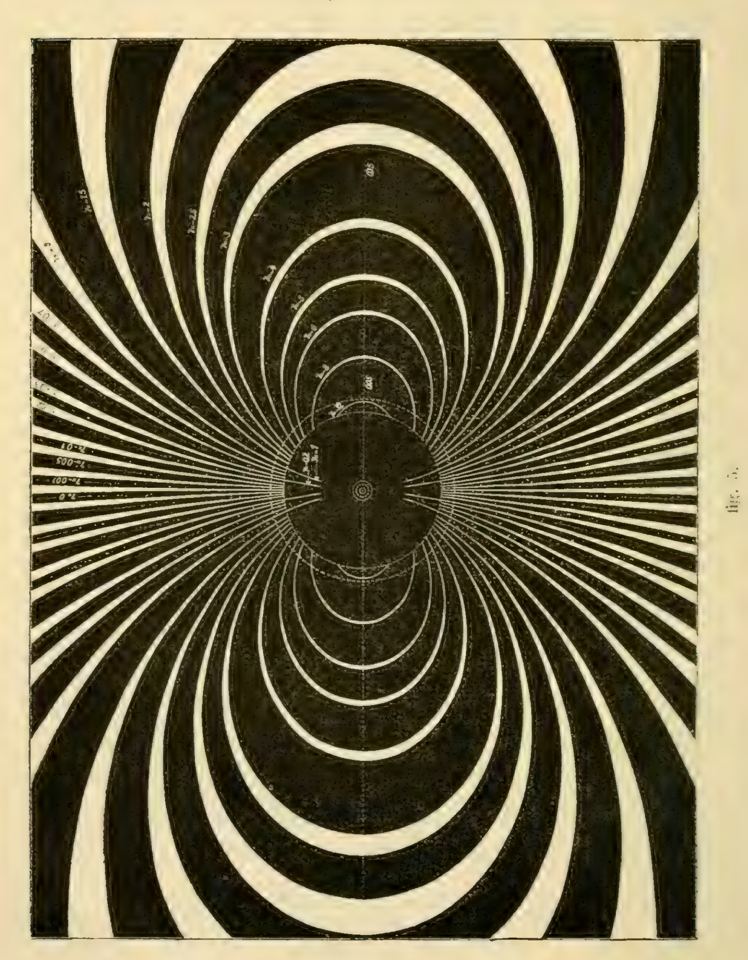


fig. 5.

point double les branches coupent l'axe des R sous des angles $\pm$ 39° 14′, à peu près.

En résume, k variant de -1 à $+1$, la région du

plan parcourue par les courbes $[\gamma, k]$, c'est à dire, la région q_γ sera composée de deux parties ayant le point double pour seul point commun :

1° Une partie intérieure, comprise entre la courbe $[-1, 1]$, dont l'équation est :

$$r = \frac{\cos^2 \psi}{1 + \sqrt{1 + \cos^2 \psi}} \dots\dots\dots\dots (11)$$

et la partie de la courbe (10) qui s'étend de l'origine au point double.

2° Une partie extérieure et à droite des branches de la courbe (10), à partir du point double jusqu'à l'infini.

Vient ensuite le cas $-1 < \gamma < 0$.

On aura à classer les courbes $[\gamma, k]$ correspondantes en 5 catégories suivant que

a) $k > 0$;
b) $k = 0$;
c) k négatif et $> -\gamma^2$;
d) $k = -\gamma^2$

et

e) $k < -\gamma^2$.

a) Si $k > 0$, on aura comme dans les cas précédents un ovale passant par l'origine.

b) Si $k = 0$, on a la ligne de force $r = \frac{1}{2\gamma_1} \cos^2 \psi$, où $\gamma_1 = -\gamma$.

c) Si k est négatif et situé entre 0 et $-\gamma^2$, la courbe sera composée de deux branches séparées, l'une étant un ovale passant par l'origine et coupant l'axe des R à la distance $\frac{1}{k_1} [\gamma_1 - \sqrt{\gamma_1^2 - k_1}]$ et l'autre ayant

une asymptote parallèle à l'axe des z à la distance $\frac{2\gamma_1}{k_1}$ de l'origine et coupant l'axe des R à la distance $\frac{1}{k_1}[\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1}]$, où $k_1 = -k$.

d) Si $k = -\gamma^2$, la courbe correspondante aura la même forme que la courbe (10) avec point double sur l'axe de R, à la distance $\frac{1}{\gamma_1}$ de l'origine et une asymptote à la distance $\frac{2}{\gamma_1}$.

e) Enfin, si $-1 \leqq k < -\gamma^2$, on aura pour r les deux valeurs

$$r_1 = \frac{\cos^2\psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1 \cos^3\psi}}$$

$$r_2 = \frac{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - k_1 \cos^3\psi}}{k_1 \cos\psi}$$

Comme ici $k_1 > \gamma_1^2$, il faut que $\cos^3\psi \leqq \frac{\gamma_1^2}{k_1}$ pour que r_1 et r_2 soient réels. Désignons par ψ' l'angle entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ défini par l'équation :

$$\cos\psi' = \sqrt[3]{\frac{\gamma_1^2}{k_1}}$$

Alors, si $\psi = \psi'$, r_1 est égal à r_2 et le rayon vecteur sera tangent à la courbe. Si ψ croît de ψ' à $\frac{\pi}{2}$, alors r_1 décroît vers zéro et r_2 croît vers l'infini ; on aura donc une branche allant de l'origine à l'infini et si l'on suit cette courbe de l'origine à l'infini, ψ décroît d'abord de $\frac{\pi}{2}$ à ψ' pour croître ensuite de ψ' à $\frac{\pi}{2}$. La courbe aura une autre branche symétrique à la première par rapport à l'axe des R et correspondant à $-\frac{\pi}{2} \leqq \psi \leqq -\psi'$.

En résumé, la région q_γ parcourue par les courbes $[\gamma, k]$, quand k varie de -1 à $+1$, sera la partie du plan située entre les deux courbes

$$r = \frac{\cos^2 \psi}{\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 + \cos^3 \psi}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

et

$$r = \frac{\gamma_1 \pm \sqrt{\gamma_1^2 - \cos^3 \psi}}{\cos \psi} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (13)$$

Remarquons que si γ tend vers -1, alors ψ' tend vers zéro, c'est à dire que la région q_γ devient de plus en plus resserrée aux environs du point $\left(\frac{1}{\gamma}, 0\right)$, de manière que la communication entre la partie intérieure et la partie extérieure devient de plus en plus étroite.

D'autre part, si γ tend vers zéro, la courbe (13) se rapproche de plus en plus de l'axe des z.

Quant à la courbe frontière (12) elle sera toujours située a l'extérieure de la courbe correspondante (11).

Sur la planche I, on voit, dans la série supérieure, des formes de la région q_γ, pour $\gamma = -0{,}97$, $\gamma = -0{,}5$ et $\gamma = -0{,}05$.

Considérons ensuite le cas $\gamma = 0$.

L'équation des courbes sera alors

$$r = \sqrt{\frac{\cos \psi}{k}}$$

Comme $\cos \psi = \frac{R}{r}$ n'est jamais négatif, il faut que k soit positif ou nul. Les courbes seront toutes semblables et ont la même forme que les courbes méridiennes des

surfaces équipotielles d'un aimant élémentaire ayant son axe le long de l'axe des R.

Si k varie de 1 à zéro, alors la partie parcourue par les courbes γ, k c'est à dire la région q_γ, sera la partie du plan extérieur à la courbe

$$r = \sqrt{\cos\psi}$$

Enfin nous avons le cas où γ est positif.

Dans l'équation de la courbe correspondante $[\gamma, k]$:

$$r = \frac{\gamma \pm \sqrt{\gamma^2 + k\cos^3\psi}}{k\cos\psi}$$

il faut que k soit positif, pour que r devienne positif et il faut de plus choisir le signe supérieur, ce qui donne

$$r = \frac{\gamma + \sqrt{\gamma^2 + k\cos^3\psi}}{k\cos\psi}$$

Si ψ croît de zéro à $\frac{\pi}{2}$, R décroît constamment de $\frac{1}{k}(\gamma + \sqrt{\gamma^2 + k})$ à $\frac{2\gamma}{k}$; la courbe sera donc comprise entre deux parallèles à l'axe des z correspondant à ces valeurs de R. Pour savoir comment r varie considérons la dérivée $\frac{dr}{d\psi}$; en désignant le radical $\sqrt{\gamma^2 + k\cos^3\psi}$ par U on trouve :

$$\frac{dr}{d\psi} = (8\gamma^2 - k\cos^3\psi) \cdot \frac{(\gamma + \text{U})\sin\psi}{(3\gamma + \text{U})\cos^2\psi}.$$

Il y aura trois cas à distinguer :

$a)$ $8\gamma^2 < 1$
$b)$ $8\gamma^2 = 1$
$c)$ $8\gamma^2 > 1$

a) Considérons d'abord le cas $8\gamma^2 < 1$.

Si $k > 8\gamma^2$, alors $\frac{dr}{d\psi}$ sera négatif pour $o < \psi < \psi'$, où l'angle ψ' est un angle entre o et $\frac{\pi}{2}$ défini par l'équation

$$\cos\psi' = 2.\sqrt[3]{\frac{\gamma^2}{k}}$$

Donc, si ψ croît de o à ψ', r décroît de $\frac{1}{k}[\gamma + \sqrt{\gamma^2 - k}]$ à un minimum

$$r_m = 2.\sqrt[3]{\frac{\gamma}{k^2}}$$

pour croître ensuite vers l'infini quand ψ croît de ψ' à $\frac{\pi}{2}$. Si $k \overline{\gtrless} 8\gamma^2$, $\frac{dr}{d\psi}$ sera $> o$ pour $o < \psi < \frac{\pi}{2}$ c'est-à-dire que r croît constamment de $\frac{1}{k}\gamma) + \sqrt{\gamma^2 + k})$ à l'infini quand γ croît de o à $\frac{\pi}{2}$.

b) Si $8\gamma^2 = 1$, alors $k \overline{\gtrless} 8\gamma^2$ et r croît constamment de $\frac{1}{k}[\gamma + \sqrt{\gamma^2 + k}]$ à l'infini quand γ croît de zéro à $\frac{\pi}{2}$.

c) De même, si $8\gamma^2 > 1$.

En résumé, la région du plan parcourue par les courbes $[\gamma, k]$ c'est-à-dire, la région q_γ sera la partie située à l'extérieur et à droite de la courbe

$$r = \frac{\gamma + \sqrt{\gamma^2 + \cos^3\psi}}{\cos\psi}$$

Si γ se rapproche de zéro, la région q_γ envoie vers l'origine sans pourtant l'atteindre des cornes, correspondantes au minimum du rayon vecteur pour la courbe frontière ci-dessus. Comme ce minimum est $2\sqrt[3]{\gamma}$, on voit qu'il tend vers zéro avec γ.

Si γ croît, ces cornes s'évanouissent rapidement et quand γ croît vers l'infini, la distance minimum de l'origine à la région q_γ croît aussi vers l'infini.

Sur la série supérieure de la planche I, on peut voir 2 cas caractéristiques correspondant à $\gamma = 0{,}03$ et $0{,}2$.

Notre discussion des courbes $[\gamma, k]$ est ainsi achevée.

Par ce qui précède, il est maintenant facile de se rendre compte des formes des espaces Q_γ, pour γ variant de $-\infty$ à $+\infty$; en effet nous avons vu que l'espace Q_γ est engendré par révolution autour de l'axe de z de la région q_γ. Sur la planche I, les figures de la série inférieure donnent une bonne idée de ces espaces Q_γ dans les divers cas[1].

Il y a certains traits caractéristiques que nous allons rappeler :

D'abord, pour que l'origine fasse partie de l'espace Q_γ, il faut et suffit que γ soit nul ou négatif. Supposons donc $\gamma \leqq 0$ et considérons la région q_γ *au voisinage*

[1] Quant à la façon dont les figures ont été faites, les renseignements suivants auront peut-être un certain intérêt :

Dans un cadre carré, pouvant être mis en rotation autour d'un axe vertical, on a placé un fil de cuivre, recouvert de soie blanche et ayant la forme de la frontière de la région q_γ en question. Ensuite, on a mis en rotation le cadre en le photographiant pendant le mouvement ; la pose a duré pendant 30 révolutions du cadre ; l'image du fil a donc dessiné sur la plaque photographique la figure en question.

de l'origine. Au lieu d'écrire les équations des courbes frontières de q_γ en coordonnées r et ψ, nous allons prendre R et r, ce qui donne, pour la courbe $[-\gamma_1, k]$:

$$R^2 - kr^3 R = 2\gamma_1 r^3$$

d'où

$$R = \frac{1}{2} kr^3 \pm \sqrt{2\gamma_1 r^3 + \frac{1}{4} k^2 r^6}$$

Il faut choisir le signe de telle sorte que R ne devienne pas négatif, ce qui donne pour la courbe $[-\gamma_1, 1]$

$$R = \frac{1}{2} r^3 + \sqrt{2\gamma_1 r^3 + \frac{1}{4} r^6} \quad . \; . \; . \; . \quad (14)$$

et pour la courbe $[-\gamma_1, -1]$:

$$R = -\frac{1}{2} r^3 + \sqrt{2\gamma_1 r^3 + \frac{1}{4} r^6} \quad . \; . \; . \; . \quad (15)$$

Donc, *la différence des deux valeurs de R, correspondant à la même valeur de r sera égale à* r^3, ce qui donne une mesure de la largeur des parties q_γ près de l'origine (voir la figure 6 et aussi la figure 5, qui représente la section d'une série d'espaces Q_γ au voisinage de l'origine par un plan passant par l'axe des z).

L'espace Q_γ devient donc aussi de plus en plus étroit à mesure qu'on approche de l'origine.

D'un autre côté, imaginons une trajectoire venant d'une distance de l'origine plus grande que 1, par exemple. Pour que cette trajectoire arrive à une distance Δ de l'origine, où Δ est très petit, il faut que l'espace Q_γ comprenne la trajectoire toute entière. Or, si $\gamma < -1$ l'espace Q_γ consiste de *deux parties séparées*; il faut donc d'abord que $\gamma \geqq -1$.

D'autre part, si γ est positif, nous avons vu que

la distance minimum de l'origine à l'espace Q_γ est $\gamma + \sqrt{1+\gamma^2}$, si $8\gamma^2 > 1$ et $2\sqrt[3]{\gamma}$, si $8\gamma^2 < 1$; donc, Δ étant très petit, il faut que

$$2\sqrt[3]{\gamma} \leqq \Delta$$

c'est-à-dire

$$\gamma \leqq \left(\frac{\Delta}{2}\right)^3$$

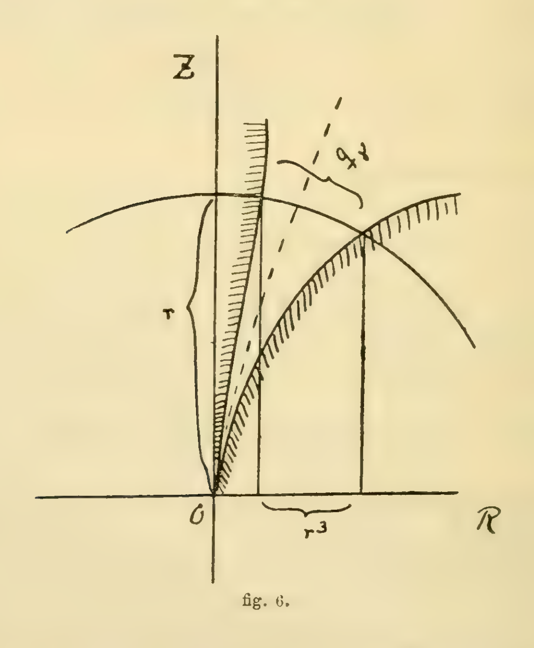


fig. 6.

Donc, pour la trajectoire en question, la constante γ sera soumise à la condition[1]

$$-1 \leqq \gamma \leqq \left(\frac{\Delta}{2}\right)^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (16)$$

[1] On peut démontrer que le cas $\gamma = -1$ sera à rejeter.

7. *Application des espaces Q_γ pour trouver une région dont toutes les trajectoires émanant d'un corps donné, ne peuvent sortir.*

Nous allons d'abord appliquer ce qui précède pour trouver une région de l'espace, dont toutes les trajectoires passant par un point donné (x_0, y_0, z_0) ne peuvent sortir. On obtient un tel espace en prenant l'ensemble des valeurs de γ pour toutes ces trajectoires et en réunissant en un seul domaine tous les points appartenant aux espaces Q_γ correspondants. Appelons le domaine ainsi construit $E(x_0, y_0, z_0)$.

Il est clair, que le domaine $E(x_0, y_0, z_0)$ ne peut contenir de points d'un espace Q_γ qui ne contient pas le point (x_0, y_0, z_0) ; en effet cela est en contradiction avec la définition de Q_γ comme étant un espace dont la trajectoire correspondante à la constante γ c'est-à-dire, ici, passant par (x_0, y_0, z_0), ne peut sortir.

Il s'en suit que nous obtenons le domaine $E(x_0, y_0, z_0)$ de la manière suivante :

Faisons croître γ depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$. Alors, si le point (x_0, y_0, z_0) est différent de l'origine, il sera en dehors de l'espace Q_γ pour γ négatif et assez grand en valeur absolue. Si γ croît, il arrive un moment, par exemple pour $\gamma = \gamma'$, où la frontière de Q_γ rencontre le point (x_0, y_0, z_0) et à partir de ce moment, le point sera à l'intérieur de Q_γ. Quand γ croît davantage, il arrive, pour une autre valeur γ'' de γ que la frontière de Q_γ rencontre de nouveau le point (x_0, y_0, z_0) et si γ croît encore (x_0, y_0, z_0) sortira de Q_γ.

En réunissant ainsi tous les points appartenant aux

espaces Q_γ où γ est compris entre toutes les paires de valeurs γ', γ'' ainsi définies, qu'on rencontre en faisant croître γ depuis $-\infty$ jusqu'à $+\infty$ on obtient le domaine E (x_0, y_0, z_0) ; si on rencontre pendant cette construction des domaines Q_γ consistant en deux parties séparées, on peut naturellement négliger la partie qui ne contient (x_0, y_0, z_0).

On peut exactement de la même manière construire un espace E (V), dans toutes les trajectoires passant par un ensemble donné V de points (par exemple par les points d'un corps) ne peuvent sortir.

En effet, on voit que E (V) sera l'ensemble des points des espaces Q_γ pour γ variant entre toutes les paires de valeurs γ', γ'', pour lesquelles l'ensemble V rencontre Q_γ pour y entrer et pour en sortir complètement.

Si l'on a construit une fois pour toutes une série de planches des régions q_γ, la construction en question sera très facile.

8. *Réduction ultérieure des équations différentielles (VI). Conséquences pour l'intégration.*

Dans mon mémoire de 1904, j'ai fait voir que l'élimination de s entre les équations (VI) conduit à une équation différentielle du second ordre entre r et ψ, de la même forme que l'équation différentielle des *lignes géodésiques* d'une surface. En poursuivant davantage ces recherches je reconnus relativement aux équations (VI) que les seconds membres des deux premières équations étaient respectivement des dérivées

partielles par rapport à R et à z de la moitié du second membre de la troisième, ce qu'on vérifie immédiatement par dérivation, en remarquant que $r^2 = R^2 + z^2$.

Donc en introduisant une fonction Q définie par l'équation

$$Q = 1 - \left[\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{(R^2+z^2)^{\frac{3}{2}}}\right]^2 \quad \ldots\ldots\ldots (17)$$

le système prendra la forme élégante

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{d^2R}{ds^2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q}{\partial R}, \quad \dfrac{d^2z}{ds^2} = \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial Q}{\partial z} \\ \left(\dfrac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\dfrac{dz}{ds}\right)^2 = Q \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (VII)$$

Les systèmes de cette forme sont bien connus en mécanique et peuvent être interprêtés de plusieurs façons ; nous choisirons la façon suivante :

Interprétons s comme le temps et R et z comme l'abcisse et l'ordonnée d'un point matériel p, de masse 1, dans un plan ; en conservant la signification originale de $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ et z nous pouvons choisir à cet effet un plan quelconque passant par l'axe de z dans l'espace ; comme au § 5, l'axe des R devient donc l'intersection entre ce plan et le plan des xy, et l'axe des z devient l'ancien axe des z dans l'espace.

Cela posé, le système (VII) représente les équations du mouvement du point p sous l'action d'une force dont les composantes le long des axes sont $\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R}$ et $\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z}$, la force vive du point p étant toujours égale à $\frac{1}{2}$ Q. Cette force dérive donc de la fonction des forces $\frac{1}{2}$ Q.

Grâce à cette interprétation, la discussion détaillée des courbes intégrales du système (VII) devient assez facile, quand on a construit une fois pour toutes une série de lignes de niveau, $Q = \text{const}$, dans le plan des $R\,z$. Dans le paragraphe suivant, nous allons revenir à cette discussion.

Comme la théorie des systèmes de la même forme que le système (VII) a été bien étudiée (voir par exemple *G. Darboux : Leçons sur la théorie générale des surfaces*, Tome II, page 532), on obtient tout de suite une foule de résultats qui peuvent être appliqués aux trajectoires correspondantes dans l'espace. Ainsi, la remarque $0 \leqq Q \leqq 1$, donne les mêmes espaces Q_γ, dont nous avons parlé auparavant, ce qu'on reconnaît sans difficulté.

Appliquons les résultats connus relatifs à l'intégration d'un système de la forme (VII) (voir l. c. p. 439) ; nous en tirons les renseignements suivants :

En prenant, au lieu de s, l'abscisse R comme variable indépendante, on aura pour z l'équation différentielle du second ordre

$$\frac{d^2z}{dR^2} = P_0 + P_1\,\frac{dz}{dR} + P_2\left(\frac{dz}{dR}\right)^2 + P_3\left(\frac{dz}{dR}\right)^3 \quad \ldots (18)$$

où

$$P_0 = P_2 = \frac{1}{2Q}\,\frac{\partial Q}{\partial R}$$

$$P_1 = P_3 = -\,\frac{1}{2Q}\,\frac{\partial Q}{\partial z}$$

Ici l'on a, nous le répétons

$$Q = 1 - \left[\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right]^2$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R} = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^5} - \frac{1}{r^3}\right)$$

$$\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z} = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\frac{3Rz}{r^5}$$

où $r^2 = R^2 + z^2$.

L'équation (18) est la même que celle définissant les lignes géodésiques d'une surface dont l'élément linéaire est donné par la formule

$$dS^2 = Q\,(dR^2 + dz^2)$$

(Voir l. c. p. 403 et 442) ; jusqu'ici je n'ai pas réussi encore à déterminer ces surfaces ; pour le cas analogue, où l'aimant élémentaire est remplacé par *un seul pôle magnétique*, l'élément de surface appartient à une *surface de Liouville*, ce qui suffit pour effectuer complétement l'intégration.

Je n'ai pas encore réussi à intégrer l'équation (18) ; cependant, pour les applications physiques, cela n'est même pas nécessaire ; en effet, les méthodes d'intégration numérique suffisent pour notre but, comme nous le verrons plus tard.

L'intégrale générale de l'équation (18) contient deux constantes d'intégration, de sorte qu'on peut écrire

$$z = F\,(R, C_1, C_2) \;\ldots\ldots \qquad (19)$$

$F\,(R, C_1, C_2)$ étant une fonction de R et des deux constantes d'intégration C_1 et C_2.

Cela posé, en substituant cette valeur de z dans l'équation

$$dR^2 + dz^2 = Q\,ds^2 \;\ldots\ldots \qquad (20)$$

on en déduit $\frac{ds}{dR}$ comme fonction de R, d'où on tire s par une quadrature.

De même, des équations (IV), (19) et (20), on tire $\frac{d\varphi}{dR}$ comme fonction de R, ce qui donne φ par une nouvelle quadrature.

Donc l'intégration du système (II) exige l'intégration d'une équation différentielle du second ordre et deux quadratures, résultat déjà indiqué dans mon mémoire de 1904.

9. *Sur la discussion des courbes intégrales du système (VII)*

En tenant compte de l'interprétation du système (VII), la discussion des courbes intégrales de ce système est très facilitée. Pour la faire en détail, nous avons calculé et dessiné, pour une série de vingt valeurs caractéristiques de γ, les lignes de niveau

$$Q = a$$

où l'on a choisi pour a les valeurs suivantes[1] :

$$0, \quad 0,1, \quad 0,2, \quad 0,3 \ldots \quad 0,9 \quad \text{et} \quad 1$$

La ligne de niveau $Q = a$ se compose des courbes $[\gamma, k]$, où $k = \pm\sqrt{1 - a}$; en effet, en substituant la valeur de Q, l'équation $Q = a$ peut s'écrire

$$1 - \left[\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right]^2 = a$$

[1] Le manque de place ne nous permet pas de donner ici les planches de ces lignes de niveau.

ce qui donne

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} = \sqrt{1-a}$$

et

$$\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} = -\sqrt{1-a}$$

Donc, la discussion des courbes de niveau $Q = a$ se réduit à la discussion des courbes $[\gamma, k]$, discussion faite au § 6. Quand on a construit une fois pour toutes les lignes de niveau, la discussion des courbes intégrales est facile en se rappelant les lois générales suivantes[1] :

1° En un point m du champ, la force agissant sur le point p est normale à la ligne de niveau passant par m, et dirigée vers les Q croissants.

2° En grandeur, elle est égale à la dérivée de $\frac{1}{4}$ Q le long de la normale à la ligne de niveau.

Quant à la force agissant sur le point p, nous nous rappelons que ses composantes le long des axes sont $\frac{1}{2}\frac{dQ}{\partial R}$ et $\frac{1}{2}\frac{dQ}{dz}$ c'est-à-dire l'une

$$\left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^5} - \frac{1}{r^3}\right)$$

et l'autre

$$\left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right)\frac{3Rz}{r^5}$$

Donc, la force sera nulle d'abord, si le premier facteur est nul, ce qui exige que γ soit nul ou négatif. Si γ est négatif, égal à $-\gamma_1$ *la force sera ainsi nulle sur la courbe* $R^2 = 2\gamma_1 r^3$, *identique à la courbe* $[-\gamma_1, 0]$

[1] Voir p. ex. : *Appel :* Traité de mécanique rationnelle I, chapitre IV.

c'est-à-dire à la ligne de niveau $Q = 1$. Si $\gamma = 0$, cette courbe se réduit à *l'axe des* z.

La force sera nulle aussi quand les facteurs

$$\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^5} - \frac{1}{r^3} \quad \text{et} \quad \frac{3Rz}{r^5}$$

sont nuls à la fois, ce qui exige ou bien que R soit nul ou bien que z soit nul.

Soit $R = 0$: alors γ ne peut pas être positif, puisque la région q_γ ne contient pas aucun point où $R = 0$, si $\gamma > 0$. Si $\gamma = 0$, le premier facteur ne sera pas nul. Enfin, si γ est négatif, il faut aussi que z soit nul, parce que l'origine est le seul point de la région q_γ dont l'abcisse est nulle. Cependant, à l'origine, la force est indéterminée.

Soit ensuite $z = 0$: alors le premier facteur se réduira à

$$\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{2}{R^3}$$

Pour que cette expression soit nulle, il faut d'abord que γ soit négatif, égal à $-\gamma_1$, et que $R = \frac{1}{\gamma_1}$.

Donc la force sera nulle au point

$$R = \frac{1}{\gamma_1}, \quad z = 0$$

Ce point est précisément le point double de la courbe $[-\gamma_1, \ -\gamma_1^2]$, c'est-à-dire de la ligne de niveau $Q = 1 - \gamma_1^4$; il faut donc aussi que $\gamma_1 \gtreqless 1$.

Cela posé, on en tire les conclusions suivantes relatives aux courbes intégrales du système (VII) :

La courbure d'une courbe intégrale du système (VII) sera nulle en chaque point de contact ou d'intersection

avec la ligne de niveau $Q = 1$, *en chaque point où elle est normale à une ligne de niveau, et enfin au point* $\left(\frac{1}{\gamma_1}, 0\right)$.

La concavité sera toujours dirigée vers les Q croissants et quant à la grandeur de la courbure, les équations intrinsèques de la mécanique (ici la relation entre l'accélération normale et la force) donnent immédiatement pour elle l'expression

$$\frac{1}{2Q}\frac{\partial Q}{\partial N}\cos w$$

où $\frac{\partial Q}{\partial N}$ est la dérivée de Q le long de la normale et où w est l'angle entre la courbe intégrale et la ligne de niveau au point considéré.

Comme $\frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial N}$ est égal à la force agissant sur le point p, on voit que *la courbure sera infinie au point de rencontre avec la ligne de niveau* $Q = 0$ (ligne qui forme la frontière du domaine q_γ), sauf à l'origine, où la force est indéterminée et au point double de la ligne de niveau $Q = 1 - \gamma_1^4$, pourvu que cette ligne se réduise à la ligne $Q = 0$, ce qui exige que $\gamma_1 = 1$.

Les courbes intégrales, ayant au moins un point commun avec la ligne de niveau $Q = 0$, forment une famille spéciale d'un très grand intérêt. Considérons une telle courbe au voisinage d'un point de rencontre (R_0, z_0) avec la ligne $Q = 0$ et supposons d'abord que ce point (R_0, z_0) soit différent de l'origine et du point double correspondant à $\gamma_1 = 1$. Alors, dans le système (VII), les seconds membres sont des fonctions analyti-

ques régulières de R et de z aux environs de R_0 et de z_0 et par conséquent R et z peuvent être développées en séries convergentes d'après les puissances de s-s_0, s_0 étant la valeur de s correspondant au point (R_0, z_0). Mais à ce point, on a $Q = 0$, donc $\frac{dR}{ds}$ et $\frac{dz}{ds}$ sont nuls; de plus

$$\frac{d^2R}{ds^2} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Q}{\partial R}\right)_0, \quad \frac{d^2z}{ds^2} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Q}{\partial z}\right)_0$$

et en continuant la dérivation, on voit sans difficnlté que les dérivées d'ordre impair sont toutes nulles au point (R_0, z_0).

On aura ainsi, au voisinage de ce point.

$$R = R_0 + \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q}{\partial R}\right)_0 (s - s_0)^2 + \ldots$$

$$z = z_0 + \frac{1}{4}\left(\frac{\partial Q}{\partial z}\right)_0 (s - s_0)^2 + \ldots$$

On en conclut que la courbe intégrale aura le point (R_0, z_0) comme *point d'arrêt*, c'est-à-dire si le point p suit la courbe intégrale, elle arrive au point (R_0, z_0), avec une vitesse nul et refera ensuite en sens inverse le même chemin qu'il a suivi pour arriver à ce point. (Voir fig. 7).

On voit ensuite que la tangente de la courbe intégrale se rapproche de la normale à la courbe $Q = o$ quand le point de contact tend vers le point d'arrêt.

Considérons le cas d'exception, où $\gamma_1 = 1$ et où le point (R_0, z_0) est le point double de la ligne de niveau $Q = o$. Comme en ce point la force est nulle et la vitesse aussi, le point p une fois placé en ce point sera en équilibre et restera en repos.

Nous allons voir dans le § 20, que le point p peut se mouvoir sur l'axe des R, de façon à tendre vers le point indiqué comme position limite, en venant soit de gauche soit de droite, mais il ne l'atteindra pour aucune valeur finie de s.

Parmi les courbes intégrales rencontrant la ligne de niveau $Q = o$, il y aussi les parties de l'axe des R situées à l'intérieur du domaine q_γ. On le vérifie immédiatement en posant dans le système (VII) z et ses dérivées égales à zéro, ce que nous allons voir en détail dans le paragraphe 20.

L'étude des courbes avec point d'arrêt est très utile pour la recherche des solutions périodiques du système (VII).

10. *Sur les courbes intégrales du système* (*VII*) *passant par l'origine.*

Pour les applications à la théorie des aurores boréales il sera d'une grande importance de savoir s'il existe des courbes intégrales du système (VII) passant par l'origine. Ici les intégrations numériques, dont nous allons parler plus tard, m'ont conduit de proche en proche au théorème suivant :

Pour chaque valeur négative de γ il existe en général deux courbes intégrales, et deux seulement, passant par l'origine. Ces deux courbes sont situées symétriquement par rapport de l'axe des R.

Pour une infinité de valeurs de γ il arrive cependant que les deux courbes se confondent en une seule, comme nous allons le voir plus tard.

Une fois ce théorème rendu vraisemblable par les

intégrations numériques, il s'agissait de le démontrer. Après une série d'essais infructueux j'arrivai enfin à trouver des formules approximatives de ces courbes aux environs de l'origine, formules qui servirent à les calculer à partir de l'origine jusqu'à une distance 0,2 de ce point. En continuant ensuite par intégration numérique, j'arrivai alors à les calculer avec une grande approximation aussi loin que je voulus.

Ma première méthode pour trouver les courbes passant par l'origine était de substituer pour R et z des séries procédant d'après les puissances de la racine carrée de s et d'en déterminer les coefficients à l'aide des équations différentielles. Le résultat obtenu fit voir qu'il était plus avantageux d'introduire au lieu de R et z les coordonnées polaires r et ψ définies par les équations

$$R = r \cos \psi, \quad z = r \sin \psi$$

ce qui donne pour r et $\cos^2 \psi$ des séries procédant d'après les puissances de s.

Nous allons en quelques mots exposer la méthode employée. Il faut d'abord trouver les équations différentielles pour r et ψ. Comme

$$dR^2 + dz^2 = dr^2 + r^2 d\psi^2$$

et

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 (r^2)}{ds^2} = R \frac{d^2 R}{ds^2} + z \frac{d^2 z}{ds^2} + \left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2$$

on trouve, à l'aide du sytème (VII) que

$$\frac{1}{2} r^4 \frac{d^2 (r^2)}{ds^2} = r^4 + (\cos^2\psi - \alpha^2 r)$$

$$r^4 \cos^2\psi \left(\frac{dr}{ds}\right)^2 + r^2 \cos^2\psi \left(\frac{d\psi}{ds}\right)^2 = r^4 \cos^2\psi - (\cos^2\psi - \alpha^2 r)^2$$

où nous avons posé pour abréger

$$2\gamma = -\alpha^2$$

En introduisant ici $w = \cos^2\psi$ au lieu de ψ, on trouve le système :

$$r^4\left[\frac{1}{2}\frac{d^2(r^2)}{ds^2} - 1\right] = w - \alpha^2 r \ldots \quad (\text{VIII}, 1)$$

$$4w(1-w)r^4\left[\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - 1\right] + r^6\left(\frac{dw}{ds}\right)^2 = -4(1-w)(w-\alpha^2 r)^2 \quad (\text{VIII}, 2)$$

Posons ici

$$r = a_1 s + a_2 s^2 + \ldots + a_n s^n + \ldots$$
$$w = b_1 s + b_2 s^2 + \ldots + b_n s^n + \ldots$$

et cherchons à déterminer les coefficients a et b, de manière à satisfaire formellement aux équations différentielles.

Pour abréger, disons qu'une expression u sera du n'ième *ordre* si

$$u = c_n s^n + c_{n+1} s^{n+1} + \ldots$$

Cela posé, l'équation (VIII, 1) fait voir que $w - \alpha^2 r$ est du 4me ordre ou d'un ordre encore plus grand ; que par conséquent le second membre de l'équation (VIII, 2) sera du 8me ordre au moins, c'est-à-dire que

$$4w(1-w)\left[\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - 1\right] + r^2\left(\frac{dw}{ds}\right)^2$$

sera du 4me ordre ; en substituant ici $w = \alpha^2 r + \varepsilon_4$ où ε_4 est d'un ordre $\geqq 4$, il s'ensuit que $\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - 1$ sera du premier ordre au moins ; or

$$\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - 1 = a_1^2 - 1 + 2a_1a_2 s + \ldots$$

Donc, on aura $a_1^2 = 1$ d'où $a_1 = -1$ ou $= 1$. Or, si l'on veut que r croisse avec s, il faut choisir

$$a_1 = 1$$

En substituant cette valeur dans l'équation (VIII, 1) on trouve que *$w - \alpha^2 r$ sera du 5me ordre*, c'est-à-dire que le second membre de l'équation (VIII, 2) sera du 10me ordre, donc aussi le premier membre de cette équation ; en y substituant alors $w = \alpha^2 r + \varepsilon_5$, où ε_5 est du 5me ordre, on trouve que

$$4\alpha^2 r^5 (1 - \alpha^2 r)\left[\left(\frac{dr}{ds}\right)^2 - 1\right] + \alpha^4 r^6 \left(\frac{dr}{ds}\right)^2 \qquad (21)$$

sera du 10me ordre, c'est-à-dire que si l'on y substitue la série pour r, on aura un résultat où les coefficients des neufs premières puissances de s seront nuls ; cela donne les équations nécessaires pour trouver a_1, a_2, a_3, a_4 et a_5 ; en substituant la série de r dans l'équation (VIII, 1), on aura ensuite les équations nécessaires pour trouver $b_1, b_2, b_3 \ldots$ jusqu'à b_8 et avec cette valeur de w on peut déterminer une série de coefficients a_6, $a_7, \ldots$ en la substituant dans l'équation (VIII, 2), et ainsi de suite. On trouve alors

$$\left.\begin{aligned} r &= s - \frac{\alpha^2}{16}s^2 - \frac{\alpha^4}{32}s^3 - \frac{17\alpha^6}{1024}s^4 - \frac{183\alpha^8}{20480}s^5 - \ldots\ldots \\ w - \alpha^2 r &= -\frac{3\alpha^2}{8}s^5 - \frac{33\alpha^4}{128}s^6 - \frac{171\alpha^6}{1024}s^7 - \frac{1587\alpha^8}{16384}s^8 - \ldots \end{aligned}\right\} \text{(IX)}$$

où $w = \cos^2\psi$, et $\alpha^2 = -2\gamma$. On en tire, pour la courbe intégrale par l'origine, l'équation suivante :

$$r = \frac{\cos^2\psi}{\alpha^2} + \frac{3}{8\alpha^{10}}\left[\cos^{10}\psi + \cos^{12}\psi + \frac{15}{16}\cos^{14}\psi + \frac{27}{32}\cos^{16}\psi + \ldots\right] \text{(IX')}$$

Par de nombreux essais numériques, je me suis persuadé que ces formules, limitées aux termes écrits, sont très approximatives lorsque $-1 \overline{\overline{<}} \gamma \overline{\overline{<}} 0$, c'est-à-dire si $0 \overline{\overline{<}} \alpha^2 \overline{\overline{<}} 2$, et si r n'excède pas la valeur 0,2. Il me semble vraisemblable que les séries pour r et u ont le caractère de séries divergentes asymptotiques, comme les séries qu'on rencontre, dans des questions analogues, dans la théorie des équations différentielles linéaires.

Il y a là la matière à une foule de recherches délicates que je n'ai pas encore eu le temps de poursuivre, mais que j'espère reprendre plus tard.

Par les formules ci-dessus on voit que l'on a, pour chaque valeur négative de γ, deux courbes intégrales et deux seulement passant par l'origine, l'une d'elles y arrivant du coté des z positifs et l'autre étant située symétriquement à la première par rapport à l'axe des R.

Comme $\cos^2\psi - \alpha^2 r$ est du 5me ordre, la courbe par l'origine aura en ce point un contact très élevé avec la ligne de force magnétique $\cos^2\psi - \alpha^2 r = 0$, ce qu'on voit par exemple sur la figure 7.

La description détaillée des courbes par l'origine sera remise au chapitre consacré aux résultats des intégrations numériques.

11. *Sur les courbes intégrales du système (VII) au voisinage de l'origine*

Il y aura intérêt considérable à connaître les courbes intégrales du système (VII) au voisinage de l'origine. Ces courbes étant situées dans la partie corniforme de la région q_γ, on obtiendra déjà une première idée de

leur forme en étudiant cette région aux environs de l'origine. Supposons γ négatif égal à $-\gamma_1$; alors nous avons trouvé, pour la courbe $[-\gamma_1, k]$, l'équation suivante :

$$R = {}^1/_2 kr^3 + \sqrt{2\gamma_1 r^3 + {}^1/_4 k^2 r^6}$$

En supposant ici r infiniment petit du 1er ordre, on aura, en négligeant les termes d'ordre plus grand que le quatrième,

$$R = \sqrt{2\gamma_1 r^3} + {}^1/_2 kr^3$$

Comme auparavant, on en déduit que, près de l'origine, la région q_γ aura la forme de deux cornes, situées symétriquement par rapport à l'axe des R. Au milieu de la corne, on a la courbe $[\gamma, o]$ c'est-à-dire la ligne de niveau $Q = 1$ et de chaque côté de celle-ci se situent les courbes $[\gamma, \sqrt{1-a}]$ et $[\gamma, -\sqrt{1-a}]$, formant les deux branches de la ligne de niveau $Q = a$, jusqu'aux courbes $[\gamma, 1]$ et $[\gamma, -1]$ formant les branches de la ligne de niveau $Q = o$ et constituant la frontière des cornes.

Toutes ces courbes courent le long de la courbe $[\gamma, 0]$ au milieu et se resserrent énormément autour de celle-ci quand on s'approche à l'origine. Il s'en suit que les lignes de force dans le champ q_γ, étant partout normales aux lignes de niveau, auront leur courbure dirigée vers la côte où la corne se rétrécit. (Voir la figure 7.)

Cela posé, pour obtenir une idée plus nette des courbes intégrales dans la corne, prenons *un point M sur la courbe intégrale passant par l'origine* et, en conservant l'interprétation mécanique du système (VII), étudions le mouvement du point p, quand ce point part

du point M dans différentes directions ; on obtiendra alors un faisceau de courbes intégrales par M.

Appelons u l'angle entre la direction d'émanation du point p et la tangente à la courbe par l'origine, au point M dans la direction des r croissants, et faisons croître u de zéro à π.

Sur la figure 7, qui correspond au cas $\gamma = -0,5$, les coordonnées du point M sont :

$$R_0 = 0,257453$$
$$z_0 = 0,314687$$

Les courbes ont été calculées par intégration numérique[1] : chaque point calculé est marqué par un petit

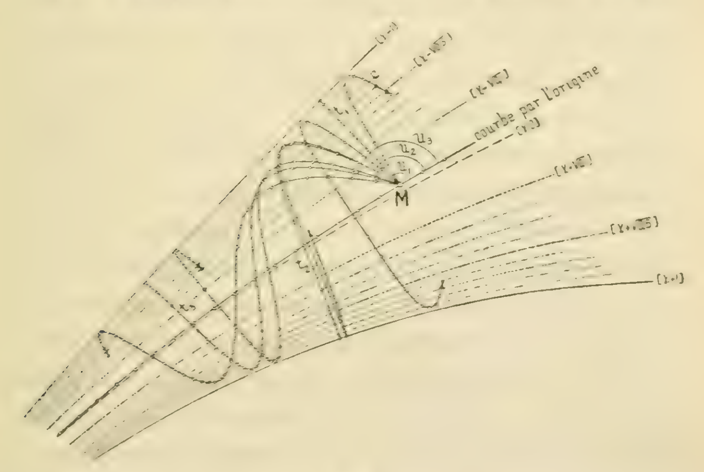


fig. 7.

cercle ; l'intervalle de la variable indépendante s entre les points successifs est $\frac{1}{256}$ ou $\frac{1}{128}$.

Cela posé, passons aux courbes intégrales émanant du point M : D'abord, si u croît à partir de zéro, la trajec-

[1] Le calcul a été fait par un de mes assistants, Mlle M. Geelmuyden.

toire du point p aura sa courbure dirigée vers le droit [1], comme la courbe c. Si u croît, il arrive un moment, pour $u = u'$, où la direction d'émantation sera normale à la ligne de niveau passant par M et *la courbe intégrale aura alors un point d'inflexion au point M;* en effet, en ce point, la courbure est nulle et elle est tangente à une ligne de force qui a sa courbure dirigée vers la gauche ; si u croît de plus, la courbe intégrale aura d'abord sa courbure dirigée vers la gauche jusqu'au point J, où elle est normale à une ligne de niveau ; à partir de ce point, qui est un point d'inflexion, elle aura sa courbure dirigée vers la droite.

Quand u croît, à partir de u', ce point d'inflexion J, qui pour $u = u'$ coïncide avec le point M, s'approche de plus en plus de la ligne frontière $[\gamma, -1]$ de la corne pour y arriver quand u a atteint une certaine valeur u_1 ; la courbe intégrale correspondante t_1 aura donc un point d'arrêt sur cette ligne, et le point p émanant du point M parcourt la courbe t_1 jusqu'au point d'arrêt, pour revenir par le même chemin; elle repassera donc par le point M, coupera la ligne $[\gamma, 0]$ et aura un point d'inflexion sur cette ligne ; elle s'approche ensuite de la ligne frontière $[\gamma, 1]$ pour dévier à gauche.

Supposons u infiniment peu différent de u_1 et plus grand ; la courbe intégrale correspondante sera située au voisinage de la courbe t_1 ; quand p parcourt la courbe, il s'approchera d'abord de la ligne frontière $[\gamma, -1]$ jusqu'à une distance minimum, pour dévier ensuite vers la gauche ; passe par un point d'inflexion J

[1] Le sens de la déviation est relatif à un observateur se promenant le long de la courbe.

et suit ensuite de près la courbe t_1 de manière à dévier à gauche après s'être approché de la ligne frontière $[\gamma, 1]$.

Si u croît encore davantage, le point d'inflexion J s'approche de la ligne $[\gamma, 0]$ pour la dépasser et s'approcher ensuite de la ligne frontière $[\gamma, 1]$.

Pour une certaine valeur $u = u_2$, le point d'inflexion J arrive donc à la ligne $[\gamma, 1]$, ce qui donne une courbe intégrale t_2, ayant un point d'arrêt sur cette ligne.

Pour u plus grand que u_2, mais infiniment peu différent de u_2, on aura une courbe située au voisinage de de la courbe t_2 ; quand le point p suit cette courbe, il passera au voisinage de ce point d'arrêt, pour dévier ensuite vers la droite, passer par un point d'inflexion I, couper la courbe par l'origine et s'approcher de la ligne frontière $[\gamma, -1]$ pour dévier ensuite à droite.

En croissant, u passera ensuite par une valeur u_3, pour laquelle la courbe intégrale t_3 aura un point d'arrêt sur la ligne frontière $[\gamma, -1]$, et ainsi de suite.

De cette manière, on peut continuer infiniment[1] et trouver des courbes ayant des points d'arrêt aussi voisins de l'origine qu'on le veut. En effet le point M étant situé sur la courbe passant par l'origine, il existe au voisinage de cette courbe d'autres courbes qui en diffèrent aussi peu qu'on le voudra. Si, au contraire, le point M n'était pas situé sur la courbe par l'origine, il y aurait une certaine distance minimum différente de zéro entre l'origine et les courbes intégrales passant par M.

[1] Ces développements géométriques auront besoin d'une démonstration analytique rigoureuse, mais nous y renonçons pour l'instant.

Les mêmes considérations peuvent être répétées pour des angles u compris entre π et 2π.

Par ces considérations, il est clair qu'à mesure que les courbes intégrales s'approchent de l'origine, elles se rétrécissent autour de la courbe par l'origine qui sera la limite de ces courbes quand leur distance minimum à l'origine tend vers zéro.

En même temps, on comprend que à chaque distance Δ correspond autour de la courbe par l'origine une région $R(\Delta)$, telle que $R(\Delta)$ contient à son intérieur toutes les courbes intégrales dont la distance minima de l'origine n'excède pas Δ; si Δ tend vers zéro, cette région se rétrécit alors autour de la courbe par l'origine comme limite.

12. *Sur la discussion des trajectoires dans l'espace.*

Une fois qu'on connait les courbes intégrales du système VII :

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2R}{ds^2} &= \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R} \\ \frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z} \\ \left(\frac{dR}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dz}{ds}\right)^2 &= Q \end{aligned}\right\} \qquad \text{(VII)}$$

la discussion des trajectoires correspondantes dans l'espace est relativement facile. En effet, soit K une courbe intégrale de ce système, et soient

$$\left.\begin{aligned} R &= R\,(s) \\ z &= Z\,(s) \end{aligned}\right\} \qquad \text{(K)}$$

les équations de K. Alors, comme nous l'avons vu, les

coordonnées de la trajectoire correspondante dans l'espace seront

$$\left.\begin{array}{l} x = R(s)\cos\varphi \\ y = R(s)\sin\varphi \\ z = Z(s) \end{array}\right\} \qquad (T)$$

où l'angle φ est déterminé par l'équation (IV), ce qui donne

$$\varphi = \int\left[\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{1}{r^3}\right] ds + \varphi_0$$

où il faut substituer pour R et $r = \sqrt{R^2 + z^2}$ leurs expressions comme fonctions de s et où φ_0 est une constante d'intégration.

Donc, à chaque courbe intégrale K du système (VII) correspondent une infinité de trajectoires T dans l'espace, chaque trajectoire étant caractérisée par la valeur particulière qu'on attribue à la constante d'intégration φ_0. En représentant suivant l'usage la courbe K comme une courbe dans le plan méridien Rz, les trajectoires correspondantes seront ainsi situées sur une surface de révolution passant par K et avec l'axe des z comme axe ; elles seront toutes congrues. (Voir fig. 8.)

En se rappelant les considérations du § 5, on voit aussi que si m_0 et M_0 sont deux points correspondants sur la courbe K et la trajectoire T, les équations :

$$\sin\theta = \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}$$

$$\cos\theta = \sqrt{Q}$$

donnent pour chaque position du point m_0 une valeur correspondante de l'angle θ au point M_0.

Mais, comme le système (VII) est satisfaisant aussi

quand on change le signe s, la courbe K peut être parcourue par le point p dans le sens inverse. L'intégrale dans la formule pour φ change alors son signe, c'est-à-dire que la trajectoire T' correspondante sera symétrique à la trajectoire T par rapport à un plan passant par l'axe des z. Donc, à la courbe intégrale K correspondent aussi une infinité de trajectoires T'.

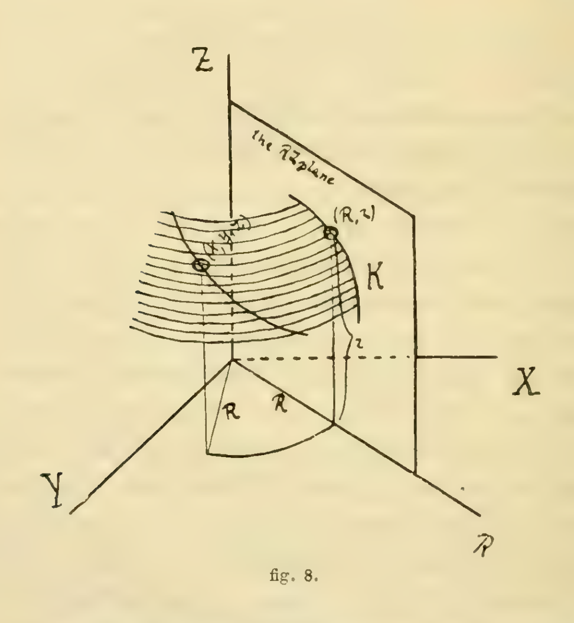


fig. 8.

Cela posé, considérons en particulier une trajectoire T correspondant à une courbe intégrale K ayant un point d'arrêt a; soit A le point correspondant sur T. Comme au point a la fonction Q est nulle, cela veut dire que la tangente en A est normale au plan passant par A et l'axe des z; la trajectoire T sera alors symétrique par rapport à ce plan.

Aux courbes intégrales K se réduisant aux parties de

l'axe des R correspondent des trajectoires T situées dans le plan des xy ; nous allons les étudier en détail à la fin de ce mémoire.

Au point $R = 1$, $z = 0$ correspond enfin un cercle situé dans le plan des xy et ayant son centre à l'origine.

Etudions maintenant les trajectoires correspondantes aux courbes intégrales passant par l'origine.

Prenons une pareille courbe passant par la corne supérieure. A cette courbe correspond d'abord une trajectoire T passant par l'origine et correspondant à la trajectoire parcourue par exemple dans la direction s'éloignant de l'origine ; ensuite il y correspond une trajectoire T' symétrique à la trajectoire T et correspondant à un mouvement dans le sens inverse.

A chacune de ces trajectoires en correspondent enfin une infinité d'autres, obtenues en les tournant d'un angle arbitraire autour de l'axe des z.

Pour les parties aux environs de l'origine, on peut, pour l'angle φ, trouver des formules approximatives analogues aux formules (IX) et (IX') : en effet, il suffit de substituer dans la formule pour φ les séries pour r et $\cos^2 \psi$.

On trouve alors, après quelques calculs :

$$\pm(\varphi-\varphi_0) = \frac{3}{16} r^2 + \frac{9\alpha^2}{64} r^3 + \frac{453\alpha^4}{4096} r^4 + \frac{3651\,\alpha^6}{40960} r^5 + \dots \qquad \text{(IX'')}$$

où le signe $+$ sera à choisir si le corpuscule s'éloigne de l'origine, et le signe $-$ s'il s'en rapproche, et où φ_0 est une constante d'intégration.

A l'aide des formules (IX), (IX') et (IX''), on peut

calculer ces trajectoires aux environs de l'origine, en remarquant que

$$x = r \cos \psi \cos \varphi$$
$$y = r \cos \psi \sin \varphi$$
$$z = r \sin \psi$$

En choisissant $\varphi_0 = 0$, on trouve alors pour x, y *et* z des expressions

$$x = \alpha\sqrt{s}\,[a_1\, s + a_2\, s^2 + \ldots]$$
$$y = \alpha\sqrt{s}\,[b_3\, s^3 + b_4\, s^4 + \ldots]$$
$$z = c_1\, s + c_2\, s^2 - c_3\, s^3 + \ldots$$

où les coefficients a_1, $a_2 \ldots$ b_3, $b_4 \ldots$, c_1, c_2, $c_3 \ldots$, peuvent être déterminés par ce qui précède, ou encore directement par les équations différentielles (III) ; nous ne nous en occupons pas.

Relativement aux formes véritables de ces trajecoires par l'origine, nous y reviendrons plus tard.

Enfin, aux courbes intégrales au voisinage de l'origine correspondent, comme on peut le comprendre par la variation de l'angle θ, des spires ayant une forme analogue aux lignes géodésiques d'un cône de révolution. *(A suivre.)*

ÉTUDE

SUR LES

Variations du IIe Module d'élasticité de l' « invar »

EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

PAR

C.-E. GUYE et H. WŒLFLE

(Suite et fin[1]*.)*

Marche d'une expérience

Dans nos expériences, nous avons procédé de la façon suivante : on commençait à chauffer à 7 h. 30 le matin. A 11 h., les températures pouvaient être considérées comme constantes. Il fallait alors déterminer approximativement, à l'aide d'un chronographe, la durée d'oscillation et régler ensuite la longueur du fil, par le jeu d'une pince, pour avoir 300 à 500 oscillations entre deux coïncidences ; cela fait, on commençait la mesure. La première coïncidence avait généralement lieu entre midi et une heure. Autant que faire se pouvait, on notait chaque demi-heure la température de l'eau, celles des deux fils et celles des disques.

Pour chaque température étudiée, nous faisions deux

[1] Voir *Archives*. juillet 1907, t. XXIV, p. 63.

mesures. Lorsque la température du fil d'expérience était revenue à 18°-20°, on mesurait au cathétomètre la longueur du fil et l'on réglait les résistances de chauffage d'une manière approximative pour le jour suivant.

Résultats

Les tableaux qui suivent résument les résultats de nos recherches ; ils sont relatifs à deux fils d'expérience préalablement recuits entre 500 et 600 degrés.

Toutes les quantités avec indice correspondent au système d'expérience, les quantités sans indice au système de comparaison.

La valeur absolue de τ n'a été déterminée qu'avec le chronographe ; nous donnons ici, une fois pour toutes, sa valeur moyenne qui est :

pour la première série $\tau = 20'',093$
» » seconde » $\tau = 19'',744$

Dans la seconde série, on a utilisé, comme fil d'expérience, le fil de comparaison de la première série et vice-versa.

Dans toutes les mesures τ a toujours été plus petit que τ_2. Si nous appelons n_2 le nombre d'oscillations du système d'expérience entre deux coïncidences successives, le nombre correspondant du second système sera $n_2 + 2$.

Ire Série

DATE 1906	Durée entre deux coïncidences	Durée approximative de τ_2	n_2	TEMPÉRATURES Disque de devant	Disque d'arrière	t	t_2 moy.	l_2 en m/m	G'_2
8 février	2 h. 50′ 7″	20″,172	506	20°	19°	35,20	35°,1	807,4 m/m	1,00000
»	2 h. 50′ 6″,6	20″,171	506	20°,5	19°,5	35,25	35°,1	»	
12 février	2 h. 38′ 43″,8	20″,177	472	20°,5	19°	35,25	78°,5	825,4	1,02171
»	2 h. 33′ 42″,6	20″,180	457	20°,5	19°,5	35,25	78°,0	»	1,02143
13 février	2 h. 29′ 41″,8	20″,184	447	23°,0	20°,5	35,25	119°,5	841,1	1,04066
»	2 h. 36′ 3″,4	20″,180	466	23°,0	20°,5	35,20	120°,0	»	1,04105
14 février	2 h. 55′ 48″,6	20″,169	523	24°,5	21°,0	35,25	160°,9	852,2	1,05576
»	2 h. 56′ 8″,6	20″,169	524	24°,5	21°,5	35,30	160°,0	»	1,05577

Ire Série (suite)

16 février	2 h. 54′47″,4	20″,171	514	25°,5	21°.0	35,30	199°,2	860.6 m/m	1.06597
»	2 h. 58′ 9″,1	20″,168	530	26°,0	21°,5	35,25	200°,0	»	1,06627
19 février	2 h. 54′48″,6	20″.170	520	26°.0	20°,5	35,15	219°.9	862,3	1.06822
»	2 h. 54′48″	20″,169	520	26°.5	21°.0	35.20	220°.0	»	»
20 février	2 h. 44′26″	20″.176	489	26°,5	22°,0	35.30	239°,9	862.3	1.06770
»	2 h. 44′26″	20″.176	489	26°.5	22°.0	35,25	240°,6	»	»
21 février	1 h. 7′59″,2	20″,295	201	27°.0	22°.5	35,30	300°,0	862.4	1.05568
»	1 h. 9′18″,8	20″,287	205	27°,0	23°,0	35.30	299°.3	»	1,05588
27 février	30′48″	20″53	90	29°.5	24°.5	35,35	348.6	864.2	1,03243
»	30′28″.4	20″54	89	30°.0	25°.0	35.35	349.6	»	1.03193
1er mars	16′44″,2	20″92	48	31°,5	26°,0	35.35	392°,5	864.5	0,99459
»	16′45″.2	20″95	48	31°,0	26°,0	35,35	393°,7	»	»

Remarque. Le 28 novembre 1905, il a été effectué une détermination à la température de l'eau bouillante, elle a donné les résultats suivants, conformes aux résultats des autres expériences comme on peut le voir d'après la courbe.

$\tau > \tau_2 \quad \tau_2 = 20''.010 \quad n_2 = 475 \quad t_2 = 98.75 \quad G'_2 = 1.03135$

IIme Série

DATE 1906	Durée entre deux coïncidences	Durée approximative de τ_2	n_2	TEMPÉRATURES Disque de devant	Disque d'arrière	t	t_2 moy.	l_2	G'_2
5 mars	2 h. 29′23″.2	19″.830	452	21°.0	19°.5	35.4	35.°4	773.7 m/m	1.00000
»	2 h. 29′23″.2	19″.830	452	21,0°	20°.0	35,4	35°,3	»	
8 mars	1 h. 42′39″.8	19″.870	310	22°.0	20°.5	35.45	78°.4	793.5	1,02146
»	1 h. 42′20″	19″,874	314	22°.5	21°.0	35.5	78°.3	»	1.02155
9 mars	1 h. 42′19″,8	19″.870	309	21°.5	21°.5	35,55	120°.0	808.6	1.04086
»	1 h. 42′58″,8	19″.870	314	24°.5	21°,5	35,55	120°.3	»	1.04095
12 mars	1 h. 45′37″	19″,865	319	24°.5	22°,0	35,4	159°,6	819.7	1.05557
»	1 h. 47′15″,4	19″,862	324	25°,0	22°,0	35,35	160°,3	»	1,05578
13 mars	1 h. 42′20″,2	19″,874	309	25°,0	22°,5	35,45	199°,9	826,9	1,06442
»	1 h. 45′37′,4	19″,868	319	25°,5	22°,5	35.5	200°.0	»	1.06485

IIme Série (suite)

14 mars	1 h. 44'18",6	19",869	315	28°,0	23°,5	35,55	219°,8	828,2 m/m	1,06635
»	1 h. 47'16",4	19",865	324	28°,0	23°,5	35,60	219°,8	»	1,06672
15 mars	1 h. 40'22"	19",874	303	27°,5	23°,5	35,55	249°,8	828,2	1,06582
»	1 h. 42'40",2	19",872	310	27°,5	23°,5	35,55	250°,5	»	1,06613
17 mars	1 h. 7'26",8	19",934	203	27°,0	22°,5	35,45	300°,4	828,3	1,05910
»	1 h. 9'45,4	19",935	210	27°,5	23°,0	35,50	300°,0	»	1,05978
19 mars	28'57"2	20",200	86	29°,0	24°,0	35,50	349°,6	828,5	1,03178
»	28'37"	20",200	85	29°,0	24°,0	35,50	350°,0	»	1,03123
20 mars	13'48"8	20",720	40	31°,5	24°,5	35,55	400°,2	828,8	0,98024
»	13'49"	20",725	40	31°,5	25°,0	35,55	402°,0	»	0,98024
5 mars [1]	$\tau > \tau_2$	19",521	177				99°,22	773,7	1,03209

[1]) Une mesure à l'occasion de la détermination de résistance à 100°.

Ces tableaux nous montrent que la marche des températures des disques n'est pas régulière. Mais, d'une part, nous avons vu que l'effet des variations des moments d'inertie était négligeable. D'autre part, les tubes dans lesquels étaient logés les fils, avaient une section assez faible pour que l'effet des variations de température dans la caisse ne fût plus sensible à quelques centimètres de l'orifice.

La variation de la température du fil d'expérience pendant une mesure pouvait atteindre 3°. Mais il fallait s'y attendre puisque nous n'avions aucun moyen de régler automatiquement le courant de chauffage. Pour diminuer les fluctuations à certains moments de la journée, nous avons doublé le nombre des lectures de la température du fil et modifié la résistance de chauffage dans le sens convenable. Les grands écarts ne duraient jamais longtemps, et la moyenne que nous donnons doit être bien près de la moyenne vraie. La régularité de la courbe montre qu'il devait bien en être ainsi.

Pour chaque point des deux séries, nous avons fait deux mesures de coïncidences généralement très concordantes comme on peut s'en rendre compte par l'inspection des tableaux précédents. Dans le tableau ci-après, nous en avons consigné les moyennes et mis en regard les valeurs du module apparent G'_2 et du module vrai G_2 ; en prenant comme unité le module à la température initiale de 35°.

Ire série			*IIme série*		
t^0_2	G'_2	G_2	t^0_2	G'_2	G_2
35,1°	1.00000	1.00000	35,35°	1.00000	1.00000
78,25	1.02157	1.02157	78,45	1.02150	1.02150
119,75	1.04085	1.04085	120,45	1.04090	1.04090
160°	1.05577	1.05577	159,95	1.05567	1.05567
199,6	1.06612	1.0653	200	1.06463	1.0638
220	1.06822	1.0667	219,8	1.06653	1.0650
240,2	1.06770	1.0654	250,2	1.06598	1.0633
299,65	1.05578	1.0512	300,2	1.05934	1.0548
349,1	1.03218	1.0259	349,8	1.03150	1.0252
393,1	0.99459	0.9870	400,1	0.98025	0.9725

A partir de 200°, les résultats accusent une légère divergence, à peine appréciable, qui peut s'expliquer soit par les erreurs d'expériences, soit par la différence de traitement ; le fil, auquel se rapporte la première série, ayant servi à toutes les expériences préliminaires. A ce propos, nous devons mentionner le fait suivant :

Avec un enroulement de chauffage monofilaire qui créait un champ magnétique alternatif assez intense, on constatait, au voisinage du point de tranformation, une petite irrégularité de la courbe du IIme module ; cette courbe se relevait légèrement pour s'abaisser ensuite. Nous avons pensé que cette anomalie provenait d'un échauffement secondaire dû à l'hystérésis. A l'appui de cette supposition, nous mentionnons le fait que l'irrégularité a disparu au-delà de 240°, c'est-à-dire après la disparition des propriétés magnétiques de l'invar. C'est cette anomalie qui nous a fait substituer dans les mesures définitives un enroulement bifilaire, ne produisant pas de champ magnétique.

Détermination approximative de la valeur absolue de G.

La valeur absolue de G peut être calculée par la formule

$$G = \frac{2 \pi K l}{\tau r^4} \qquad (^1)$$

si on connaît le moment d'inertie K et les dimensions du fil. K a été déterminé par la méthode de surcharge qui a donné

$$K = 25320 \text{ gr. cm}^2$$

La longueur l du fil était de 77,37 mm. ; la durée

d'oscillation de 19″744. Le diamètre du fil devrait être connu très exactement. La mesure au moyen du microscope nous a fourni une moyenne de 0,3075 mm. par six séries de dix mesures chacune. Le diamètre n'étant guère connu qu'à quelques millièmes de mm. près, il en résulte une incertitude d'environ 2 °/₀ sur la valeur de G.

En substituant les valeurs numériques dans la formules 1), nous obtenons

$$G = 5{,}63 \cdot 10^{11} \text{ C. G. S.}$$

ou

$$= 5{,}74 \text{ tonnes par } m^{m2}$$

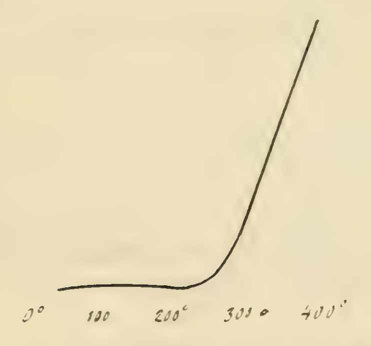
Frottement intérieur

La correction à apporter éventuellement à la durée d'oscillation, et due à l'amortissement, nous a conduit à observer le décrément logarithmique. Nous avons montré que cette influence est absolument négligeable sur la valeur du module, même pour le plus fort amortissement observé ; mais elle est intéressante en ce sens qu'elle nous renseigne sur les modifications qui peuvent se produire dans le fil.

De 35° à 100°, le décrément augmentait d'une quantité presque insensible et restait alors constant jusqu'à 250° ; mais à partir de ce point il croissait d'une façon très rapide jusqu'à 400°, limite de nos expériences. On s'en rendra mieux compte par l'allure de la courbe ci-contre.

A partir de 300°, c'est presque une droite. La courbe, il est vrai, n'est qu'approximative. Elle représente deux effets superposés, l'un dû au frottement du disque

contre l'air ambiant et l'autre dû au frottement intérieur. En outre, par suite du réglage, la longueur du fil n'était pas rigoureusement la même pour toutes les températures. Mais en tenant compte du fait que l'air entourant le disque n'a subi qu'un accroissement de température relativement faible (11°) lorsqu'on opérait à des températures s'élevant successivement de 35° à 400°, on se convaincra facilement que l'accroissement brusque du décrément, à partir de 250°, ne peut être attribuée qu'à l'augmentation rapide du frottement in-



térieur du fil d'invar. Cela devient tout à fait plausible si l'on remarque que ce phénomène est corrélatif de la disparition du magnétisme et des variations des propriétés de dilatation et d'élasticité qui toutes subissent une modification au point de transformation. Il semble que ce point correspond bien à une modification moléculaire du métal.

La formule de M. Ch.-Ed. Guillaume pour le calcul de la température à laquelle s'effectue la transformation des aciers au nickel réversibles est comme on sait

$$T = 34{,}1\,(n - 26{,}7) - 0{,}80\,(n - 26{,}7)^2$$

Elle donne pour l'invar[1] que nous avons employé ($n = 36,12$).

$$T = 250°,23$$

C'est à peu près la température où commence la forte augmentation du décrément.

Conclusions

1° Lorsque la température augmente, le IIe module commence par croître presque linéairement, puis passe par un maximum aux environs de 225°, pour décroître ensuite plus rapidement de sorte que la partie descendante de la courbe est plus rapide que la partie ascendante.

2° Le maximum du IIe module correspondant très approximativement au point de transformation, calculé par la formule que M. Guillaume avait établie en se basant sur la notion des états correspondants.

3° Le décrément logarithmique reste à peu près

[1]) La *Vereinigte Deutsche Nickel Werke A.-G.* à Schwerte qui nous a fourni le métal, a bien voulu se charger de faire l'analyse des fils mêmes qui ont servi à ces expériences. Cette analyse a fourni le résultat suivant.

Première analyse......	36.111 % nickel.
Deuxième analyse.....	36.124 % »
Moyenne.............	36.118 ± 0.03

En outre, le métal contenait environ 0.02 % de cuivre; mais la quantité de métal mise à disposition pour l'analyse n'a pas permis une détermination plus exacte du cuivre.

Etant donnée la précision relativement grande des mesures qui précédent, ce renseignement nous était précieux. Nous saisissons cette occasion pour exprimer à la *Deutsche Nickel Werke* et à ses directeurs nos plus vifs remerciements pour leur aimable et précieuse collaboration.

constant jusqu'au point de transformation et éprouve ensuite une marche ascendante très rapide et continue, due à la forte croissance du frottement intérieur de l'invar : la durée d'oscillation de notre système ne s'en trouvait cependant pas modifiée d'une manière sensible.

Le frottement intérieur semble donc se ranger à côté des autres propriétés physiques (magnétisme, élasticité et dilatation) qui subissent toutes une variation au point de transformation ; ce qui semble bien être la preuve de modifications moléculaires réversibles.

4° Un champ magnétique alternatif produit une augmentation apparente du module dont la cause doit être cherchée probablement dans un échauffement secondaire dû à l'hystérésis. Ce phénomène disparaît au delà du point de transformation, c'est-à-dire après la disparition du magnétisme.

La charge supportée par le fil dans toutes ses expériences était de 783 gr., soit 10,54 kg. par mm.^{2} de section.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LES

FERMENTS OXYDANTS

Par R. CHODAT

III. La spécificité de la tyrosinase et son action sur les produits de la dégradation des corps protéiques

par R. Chodat et W. Staub

Jusqu'à présent on ne connaissait à la tyrosinase qu'une seule action spécifique certaine, celle d'oxyder la tyrosine. R. Chodat et A. Bach dans leur théorie des oxydases ont établi au moins en ce qui concerne la laccase l'identité des actions des systèmes peroxydase-hydroperoxyde d'une part et oxydase d'autre part. Ils en ont conclu et pour d'autres raisons[1], que les oxydases sont des systèmes constitués par un peroxyde (organique, ou non) activé par une peroxydase. Ils ont donné le nom d'oxygénase au peroxyde-ferment de la laccase et de peroxydase aux ferments activants. Toutes les oxydations que peuvent effectuer les laccases, sont

[1] Chodat et Bach. Untersuchungen über die Rolle der Peroxyde in der Chemie der lebenden Zelle. V. Zerlegung der sogenannten Oxydasen in Oxygenasen und Peroxydasen, in *Ber. d. d. chem. Ges*. 1903, p. 606.

aussi effectuées par le système peroxydase hydroperoxyde.

Il en est tout autrement de la tyrosinase ; comme R. Chodat l'a montré le premier le système peroxydase-hydroperoxyde est incapable d'oxyder la tyrosine. C'est ce qui l'a amené à dire, étant donné qu'il est actuellement impossible d'imaginer une autre théorie que la théorie Bach-Chodat sur les ferments oxydants, que les divers ferments oxydants diffèrent plus par leurs peroxydases que par leurs peroxydes (oxygénases)[1]. Depuis lors M. Bach a annoncé qu'il avait réussi à séparer une peroxydase spécifique au moyen d'une tyrosinase atténuée, qui, en présence d'eau oxygénée, est active vis-à-vis de la tyrosine. Comme il nous a été impossible d'obtenir les mêmes résultats et que nous avons pu nous convaincre de l'extrême toxicité de l'eau oxygénée sur les tyrosinases actives et peu actives nous ne nous arrêtons pas à discuter le bien fondé de cette affirmation.

Il nous a paru intéressant, en dehors de toute autre considération sur la nature de la tyrosinase, d'examiner son action vis à vis des corps analogues à la tyrosine et qui se produisent, comme ce corps, au cours du métabolisme. Tout d'abord nous avons cherché la tyrosine dans la peptone de Witte au moyen de la tyrosinase[2]. La réaction étant positive nous en avons conclu que la tyrosinase peut être un réactif très sensible pour suivre les phases de la peptolyse et le degré de dégradation

[1] Chodat R. Les ferments oxydants, *Journ. Suisse de Chimie et Pharmacie*, 1905, n° 46-48.

[2] E. Fischer und Emil Abderhalden, *Zeitsch. f. phys. Chemie*, 39, 81, 1903 ; ibid, 46, 159, 1905.

des albumines par l'action des ferments peptonisants.

On sait que, sous l'influence de la pepsine-acide chlorhydrique et sous celle de la trypsine la dégradation de la molécule d'albumine se fait tout d'abord de même : il se produit au début des albumoses puis des peptones. Mais tandis que sous l'action de la pepsine-acide chlorhydrique il ne se fait point d'acides aminés à part des traces de tyrosine[1], au contraire par la digestion au moyen de la trypsine au bout de 48 heures la majeure partie de la tyrosine est détachée de la molécule complexe d'albumine. Il en est de même de l'alanine, de la leucine, de l'acide aminovalérianique, de l'acide aspartique et du tryptophane. On pourrait donc, au moins en ce qui concerne la tyrosine, suivre par le réactif tyrosinase le degré de peptonisation. Sur ce point nous avons été devancés par M. A.-W. Harlay[2] qui, déjà en 1900, s'est servi du ferment oxydant du *Russula delica* pour examiner la peptolyse par les ferments pepsine, papaïne et pancréatine.

Nous nous sommes alors demandé si la tyrosinase n'exercerait une action spécifique que sur la tyrosine ou si son action s'étendrait aussi aux combinaisons que ce corps contracte avec lui-même (tyrosine-anhydride) ou avec d'autres acides aminés (glycocolle, alanine, leucine, etc.) pour constituer les peptides d'Emile Fischer et leurs anhydrides cycliques.

[1] Emil Abderhalden und Otto Rostoski : Die Monoaminosäuren des « Edestin » aus Baumwollsamen und dessen Verhalten gegen Magensaft. *Zeitsch. f. phys. Chemie*, 44. 165. 1905.

[2] A.-W. Harlay. De l'application de la tyrosinase ferment oxydant du Russula delica à l'étude des ferments protéolytiques. Paris, 1900. Thèse de l'Ecole de Pharmacie (Prof. Bourquelot).

On sait en effet que le savant chimiste de Berlin a réalisé la synthèse de corps complexes, précurseurs des peptones, les peptides et les polypeptides, à partir des produits de la dislocation des albumines, les acides diaminés glycocolle (aminoacétique), alanine (aminopropionique), aminovalérianique, leucine (aminocaproïque), acide aspartique, acide glutamique, lysine, arginine]. C'est ainsi que partant de l'idée que dans la molécule complexe d'albumine les acides aminés forment des chaînes sur le type des amides c'est-à-dire que ces acides aminés possèdent la propriété de se souder facilement parce que le groupe amino d'un des acides aminés entre en réaction avec le groupe carboxyle de l'autre avec élimination d'eau, ce génial chimiste a réalisé une série de synthèses fort intéressantes, celle des peptides en général.

Le corps le plus simple de cette classe est le glycylglycine :

$$\underbrace{NH_2 . CH_2 . COOH.}_{\text{Glycocolle}} + \underbrace{HNH . CH_2 . COOH}_{\text{Glycocolle}} - H_2O$$

$$\underbrace{NH_2 . CH_2 CO . NH . CH_2 . COOH}_{\text{Glycyl-glycine}}$$

Ce corps est nommé *dipeptide* par E. Fischer. Selon le nombre des acides aminés qui concourent à la formation d'un peptide on parle de di-tri-tetra-penta-hexa-polypeptide (dipeptides : glycyl-alanine, alanine-glycine, alanine-leucine, glycyl-tyrosine ; tripeptides : leucylglycylglycine etc. : pentapeptides : pentaglycine, leucyltétraglycine, etc.)

Fischer est parti de l'éther éthylique du glycocolle

qui, en solution aqueuse, passe facilement à un anhydride le glycine-anhydride qui est une dicétopiperazine

$$NH<\begin{smallmatrix}CH_2 . CO_3 \\ CO . CH_2\end{smallmatrix}>NH$$

$$2\,NH_2.CH_2.CO.O.C_2H_5 = 2\,C_2H_5OH + NH<\begin{smallmatrix}CH_2.CO \\ CO.CH_2\end{smallmatrix}>NH$$

De cet anhydride E. Fischer obtient par saponification le dipeptide glycylglycine.

La tyrosine qui est un acide aminé aromatique (acide paraoxyphénylaminopropionique) peut aussi entrer dans la formation des peptides et de leurs anhydrides. Plusieurs de ces corps, en particulier les peptides élevés (à 7 acides aminés et plus), donnent la réaction caractéristique du Biuret comme les peptones. Il y a beaucoup d'analogies entre les polypeptides et les peptones qui sont sans doute des mélanges de polypeptides ; on a d'ailleurs isolé effectivement des produits de dégradation des albumines (fibroïne de la soie), un peptide sous la forme de son anhydride (glycyl-d-alanine) et en outre le glycyl-l-tyrosine. Ceci montre que ces peptides ne sont pas seulement des produits de synthèse de laboratoire mais des matériaux importants de la molécule complexe des albumines.

Grâce à l'aimable obligeance de M. le Prof. E. Fischer nous avons pu expérimenter sur deux des principaux anhydrides des dipeptides, le tyrosine-anhydride et le glycyltyrosine-anhydride, peptides dont on sait qu'au moins l'un, le glycyltyrosine-anhydride a été obtenu au cours de l'hydrolyse des albumines [1]. On sait d'autre

[1] Emile Fischer und Emile Abderhalden : Bildung eines Dipeptids bei der Hydrolyse des Seidenfibroïns, *Ber. d. d. Chem. Ges.* p. 39, 7521, 1906.

part que d'autres peptides se forment également comme le glycyl-d-alanine et l'alanine-glycine aux dépens d'une piperazine native (anhydride).

Le problème était donc de savoir dans quelle mesure et comment ces anhydrides seraient oxydés par la tyrosinase.

A cet effet nous avons préparé des solutions équivalentes (calculées en tyrosine) du glycyl-tyrosine-anhydride et du tyrosine-anhydride. Les expériences ont été faites au moyen d'une tyrosinase active extraite des tubercules de pommes de terre. On faisait une solution de 0,1 gr. de ce ferment en poudre dans 100 ccm. d'eau distillée. On maintenait la stérilité au moyen de quelques gouttes de toluol renouvelé régulièrement. Ce ferment était *dépourvu de laccase*, mais contenait de la catalase et de l'invertine.

La solution du glycyltyrosine-anhydride contenait 0,025 gr. de ce peptide sur 50 cm^3 d'eau distillée ; celle du tyrosine-anhydride tenait 0,05 sur cent.

Dans chacune des expériences on utilisait 2 cm^3 de la solution d'anhydride ; le ferment à 0,1 $^0/_0$ formait une solution limpide à peine jaunâtre. On prenait chaque fois 2 cm^3 de cette solution.

En présence de cette tyrosinase (comme en présence d'autres tyrosinases extraites d'autres tubercules de pomme de terre ou de champignons) le *tyrosine-anhydride* prend au bout d'un temps qui varie de 2 h. à 24 h. selon la force des tyrosines employées une teinte jaune puis jaune légèrement abricot mais jamais une coloration rose comme le fait la solution de tyrosine témoin.

Cette solution ne vire pas non plus au violet puis au

noir comme le fait la solution de tyrosine employée chaque fois comme témoin.

Dans les mêmes conditions et aux mêmes concentrations (calculées en tyrosine) le *glycyltyrosine-anhydride* prend la même coloration mais celle-ci est pour le même temps, plus forte : elle devient finalement jaune brun sans jamais passer au rose ni virer finalement au violet ou au noir comme le fait la tyrosine dans les mêmes conditions et aux mêmes concentrations (de ferment et de tyrosine). Ces essais ont été répétés plusieurs fois et à diverses concentrations de ferment et de peptide. Les résultats ont toujours été les mêmes. La conclusion était que *la tyrosinase a une action sur ces anhydrides mais que cette action est autre que celle que ce ferment exerce sur la tyrosine quand elle est isolée.*

Nous avons voulu ensuite examiner si la tyrosinase a une action sur les acides aminés comme le glycocolle, l'alanine, la leucine. Pour résoudre cette question nous avons tout d'abord raisonné de la manière suivante. Si l'action de la tyrosinase dépend du groupe amino-acide, lorsqu'il y a mélange d'acides aminés tels que tyrosine et glycolle, tyrosine et leucine, tyrosine et alanine, le glycolle, la leucine et l'alanine ne fournissant pas de réaction colorée avec la tyrosinase, l'action du ferment oxydant se partageant, un mélange de tyrosine et de glycolle doit dans le même temps se colorer moins vite qu'une solution de tyrosine de même concentration (calculée en tyrosine seulement).

L'expérience démontre que l'addition des acides aminés indiqués retarde fortement la réaction de la tyrosinase sur la tyrosine. Quoique ce résultat ne soit pas démonstratif en ce qui concerne l'action oxydante

de la tyrosinase sur les acides aminés de la série grasse[1] il est cependant important en nous avertissant que dans la recherche de la tyrosine par la tyrosinase au cours de la peptolyse il faudra se rappeler que les acides aminés cités diminuent la réaction.

Cette observation nous a amené à une constatation beaucoup plus importante et qui a trait à l'action de ces mêmes acides aminés sur l'oxydation des anhydrides peptiques le glycyltyrosine-anhydride et le tyrosine-anhydride.

Si on ajoute à un mélange de glycyltyrosine-anhydride et de tyrosinase de faibles quantités de glycocolle, d'alanine ou de leucine[2] la réaction caractéristique de la tyrosine apparaît. La solution prend peu à peu, de la surface vers la profondeur, une belle coloration rose analogue à celle que donne, dans les mêmes conditions, la tyrosine seule. Mais dans aucun cas la réaction ne se continue de la même façon qu'avec la tyrosine.

Par la tyrosinase le mélange de glycyltyrosine-anhydride et de glycocolle prend rapidement une belle teinte rose qui devient de plus en plus intense (24 h.) puis passe au violacé et finalement vire franchement au vert-bleu et finalement au bleu. Jamais dans ces conditions on n'obtient la coloration noire finale caractéristique pour la tyrosine. L'essai de contrôle avec le glycyltyro-

[1] Les solutions de ces corps ne rougissent pas et ne fournissent en présence de la tyrosinase aucune réaction colorée. Ceci a été vérifié pour chaque expérience. En fait, la tyrosinase ne paraît avoir sur ces corps aucune action oxydante.

[1] Emil Abderhalden und Fritz Pregl: Die Monoaminosäuren des kristallisirten Eieralbumin. *Zeitschf. f. phys. Chemie*, 46, 24. 1905.

sine anhydride sans glycocolle fournit une réaction jaune abricot.

Les essais préparés, comme cela a été indiqué plus haut, sont additionnés de 3 cm^3 d'une solution d'acide aminé à 0,5 °/₀ calculé en glycocolle c'est-à-dire en fonction du groupe $NH_2.COOH$.

Avec l'alanine on obtient le même résultat sur le glycyltyrosine-anhydride et la même intensité de coloration pour les mêmes concentrations calculées en acide aminé mais jamais la réaction ne vire au vert-bleu, elle reste rose. Avec la leucine, la teinte rose est tout aussi forte mais elle passe rapidement au jaune puis au jaune brun. Cette dernière réaction est particulièrement intense (pour des concentrations équivalentes en $NH_2.COOH$).

Dans les mêmes conditions la solution de tyrosine-anhydride sous l'action du ferment et en présence de glycocolle prend une belle coloration rose. Mais celle-ci ne vire pas aussi vite au vert-bleu comme cela est le cas pour le glycyltyrosine-anhydride.

L'action de l'alanine et de la leucine sur l'oxydation du tyrosine-anhydride par la tyrosinase s'exprime d'une manière analogue ; avec glycocolle la teinte rose passe finalement au bleu aigue-marine ; avec l'alanine, si les quantités de ce corps sont suffisantes, la coloration passe du rose à l'abricot, olive, puis vert ; avec la leucine la teinte devient de même qu'avec la phénylalanine, olivâtre.

La conclusion est que nous avons ainsi trouvé une méthode qui permet de reconnaître le présence des peptides à tyrosine et éventuellement des mélanges de ces peptides (anhydrides) et des acides aminés.

Ces résultats nous ont amené à appliquer cette méthode à la recherche des peptides au cours de la peptolyse par la pepsine-acide chlorhydrique et la tyrosine. Les résultats ont été conformes aux prévisions.

Une fausse solution d'ovalbumine[1] a été traitée par une solution de pepsine acide à 1 $^0/_0$ pendant 1 jour, puis pendant 2 jours, 3 jours, après quoi on fait bouillir pour tuer le ferment pepsine.

On neutralise, puis, à une portion (A) on ajoute une solution de tyrosinase, à une autre (B) une solution de tyrosinase plus un peu de glycocolle. Le résultat est que dans A aucune coloration n'apparaît, tandis que dans B on aperçoit bientôt une belle coloration rose pâle ; cette coloration passe finalement au vert-olive. Celle-ci ne peut évidemment pas provenir de la tyrosine puisque l'addition de glycocolle diminue la réaction en ce qui concerne ce corps ; il faut donc en conclure que cette coloration est due à un ou plus d'un polypeptide cyclique contenant le radical tyrosine et qui réagissent vis à vis de la tyrosinase en présence du glycocolle. On n'obtient ce résultat que si l'action de la pepsine-acide chlorhydrique a été suffisamment prolongée.

Si au lieu de pepsine acide on utilise la trypsine ($^{0,1}/_{10}$) qu'on laisse agir pendant *24-48 heures* et qu'après avoir tué le ferment protéolytique par la chaleur, on sépare le liquide en trois parties, on ajoute à toutes la même quantité de tyrosinase, à A un peu de glycocolle à B pas de glycocolle et qu'on fasse bouillir C pour tuer la tyrosinase le résultat est le suivant :

[1] L'ovalbumine ne paraît pas fournir de glycocolle par hydrolyse mais de la leucine, de l'alanine et de la tyrosine, etc. V. loc. cit. E. Abderhalden et Pregl.

A, se colore bientôt en brun pâle un peu roux, B, ne se colore pas, C, non plus.

Si l'action de la tyrosine a été plus énergique A et B se colorent mais A beaucoup plus fortement que B.

Nous avons dit plus haut que la peptone de Witte donne souvent déjà une coloration avec la tyrosinase seule. Mais si l'on fait agir sur cette solution de peptone la tyrosine en solution légèrement alcaline, l'addition de glycocolle à la tyrosinase utilisée pour examiner le degré de peptolyse intensifie toujours la réaction colorée (brune). Après 4 jours d'action de la trypsine l'addition de glycocolle n'est plus efficace, ce qui indique que la quantité d'acides aminés detachés est maintenant si grande qu'une nouvelle addition est sans effet.

On peut supposer que la coloration brune que prend ce liquide peptonisé par la trypsine est due à la présence de la leucine qui, de concert avec les peptides restants, provoque, comme nous l'avons montré, lors de l'oxydation par la tyrosinase une forte réaction brune.

Ce résultat est conforme aux prévisions. Nous savons en effet que l'ovalbumine contient peu ou pas de glycocolle, mais 6 °/₀ de leucine et 1,1 °/₀ tyrosine.

Maintenant quelle peut être l'action ou le rôle des acides aminés et en particulier du glycocolle dans ces réactions. La supposition la plus plausible est que leur présence détruit l'équilibre chimique entre les composants des anhydrides et que, cela étant, l'oxydation des peptides peut se faire. Il est en effet probable qu'il s'agit en l'espèce bien moins d'oxydation de la tyrosine que des peptides qui peuvent dériver des anhydrides par rupture de l'anneau piperazique. (Piperazinring).

L'expérience suivante semble être en faveur de cette interprétation : l'addition de glycocolle à l'ovalbumine traitée par la trypsine facilite extraordinairement la production de corps qui réagissent en présence de la tyrosinase. La comparaison entre les peptones obtenus (après 24 h.) en présence de glycocolle (A) ou en l'absence de glycocolle (B) puis (après insensibilisation de la trypsine par la chaleur) traitées par la tyrosinase montre que l'action de ce dernier ferment est au moins deux fois plus forte dans A que dans B.

La gélatine dans les mêmes conditions ne fournit aucune réaction lorsqu'on la peptonise par la pepsine-acide chlorhydride et une très faible réaction quand la peptolyse a été faite par la trypsine. L'addition de glycocolle ou d'un autre acide aminé est nécessaire pour faire apparaître cette très faible réaction. On sait d'ailleurs que l'analyse chimique n'a pas decelé de tyrosine dans les produits de la peptolyse de la gélatine.

Cependant la présence de la phénylalanine laisse supposer l'existence d'oxyphénylalanine dans cette albuminoïde. C'est ce que démontre l'expérience (traces d'un peptide à tyrosine [1]).

Les recherches qui précèdent sur l'oxydation des peptides et la peptolyse étudiée au moyen des acides aminés et de la tyrosinase expliquent les intéressants résultats obtenus par M. Harlay au cours de ses recherches sur la peptolyse.

M. Harlay [2] a divisé son étude en trois parties : la pre-

[1] (Analyse d'une gélatine : leucine 2,1 ; phénylalanine 0,4; tyrosine 0; lysine 3.75 etc. ex. E. Fischer und Emil Abderhalden. Notizen uber die Hydrolyse von Proteinstoffen, *Zeitschr. f. phys. Chemie,* 52, 540, 1904).

[2] *Loc. cit.*

mière a trait à la peptolyse au moyen de la trypsine (suc pancréatique). La fibrine, l'ovalbumine, la caséine, la conglutine (préparée d'après Bourquelot et Herissey), le gluten, fournissent des peptones sous l'action de la trypsine et dans les conditions d'expériences choisies par l'auteur qui en présence de la tyrosinase du *Russula delica* se colorent en rose puis en brun et finalement en noir. C'est avec raison que Harley en a conclu que cette réaction est due à la tyrosine formée durant la peptolyse. Il a d'ailleurs reconnu l'existence de la tyrosine par d'autres procédés.

La digestion peptique avec la pepsine-acide chlorhydrique poussée jusqu'au point où le liquide ne donne plus de précipité avec l'acide azotique (après neutralisation) fournit un liquide qui traité par la tyrosinase du *Russula delica* donne une coloration rouge qui après plusieurs heures vire au vert ou au vert bleu selon les ferments ou les corps proteïques. Ce changement de teinte s'observe soit sur des peptones obtenues par l'action de la pepsine soit sur celles qui sont produite par l'action papaïque.

La gélatine ne réagit pas dans les mêmes conditions.

Harlay qui cependant a bien reconnu la tyrosine dans la peptone tryptique suppose qu'au cours de la peptolyse par la pepsine et la papaïne il se forme un chromogène qui tout d'abord rougit sous l'action du ferment oxydant puis finalement verdit.

Or, après ce qui a été dit sur l'action de la tyrosinase (en présence d'acides aminés) sur les peptides (tyrosine-anhydride et glycyltyrosine-anhydride) et au cours de laquelle la coloration rouge passe ordinairement (sauf en ce qui concerne l'action de la tyrosinase

sur un mélange de leucine et de glycyltyrosine-anhydride) au bleu aigue-marine ou au vert (tyrosine-anhydride) il est évident que les expériences de M. Harlay s'expliquent tout naturellement.

Les dégradations des albumines par les ferments protéolytiques, pepsine et papaïne, vont rarement jusqu'à la prodution d'acides aminés du type tyrosine ou tryptophane. Il ne se forme que des peptides peptones (mélanges de peptides) et ce sont ces peptides qui en présence d'acides aminés comme le glycocolle, l'alanine, la leucine (de faibles quantités suffisent) réagissent vis-à-vis de la tyrosinase comme le font les peptides (anhydrides) à tyrosine de Fischer, en présence des mêmes acides aminés.

Les caractères donnés par Harlay au vert pepsique et papaïque, produit d'oxydation du prétendu chromogène, sont ceux du bleu tyrosique obtenu à partir du tyrosine-anhydride : insolubilité dans le chloroforme et l'alcool, solubilité dans l'acide acétique, rougissement vis-à-vis des alcalis, etc. Tous ces caractères sont en effet obtenus aussi à partir du pigment qui résulte de l'action de la tyrosinase sur les peptides à tyrosine en présence des acides aminés.

Le chromogène dont parle M. Harlay ne saurait être vraisemblablement qu'un peptide à tyrosine du type de ceux étudiés par nous ci-dessus.

Parmi les produits de l'hydrolyse des albumines par l'eau ou les ferments se trouve un corps très voisin de la tyrosine (oxyparaphénylalanine) la phénylalanine qui n'en diffère que par un OH en moins. Nous pensions au début que la spécificité de la tyrosinase était fonction du groupe amino-acide lié au noyau benzé-

nique. Cela étant, on pouvait espérer voir la phénylalanine réagir vis à vis de la tyrosinase. Or, nos expériences prouvent le contraire ; ce corps reste inaltéré en présence de la tyrosinase.

Il devenait donc très improbable que la spécificité de la tyrosinase dépende exclusivement du groupe alanine comme amino-acide. Il paraissait au contraire tout indiqué de chercher cette spécificité dans la position réciproque des groupes OH et amino-acide. En supposant que ce dernier, l'alanine serait indifférent, on pouvait imaginer de le remplacer par un groupe méthyle ou éthyle. Parmi les corps de cette catégorie qui méritaient une attention spéciale nous avions tout d'abord des produits de la dégradation des albumines. On sait que la tyrosine est dégradée successivement en :

p.-oxyphénylaminopropionique (acide)	$C_6H_4.OH.CH_2CH.NH_2.COOH$
p.-oxyphénylpropionique	$C_6H_4OH.CH_2.CH_2.COOH$
p.-oxyphénylacétique	$C_6H_4OH.CH_2.COOH$
p.-oxybenzoïque	$C_6H_4OH.CH(OH).COOH$
p.-crésol	$C_6H_4OH.CH_3$
phénol	C_6H_5OH

Parmi ces corps l'un surtout le p-crésol méritait d'être étudié dans ses rapports avec le ferment oxydant la tyrosinase. Nous avons alors comparé l'action de ce ferment sur les trois isomères o.-m.-p. crésol. La tyrosinase oxyde les trois mais très inégalement. Si on en dissout dans l'eau une quantité égale ($^1/_{60}$) on voit que les mêmes quantités de tyrosinase produisent une action très forte sur le p-crésol, moins forte sur le m-crésol plus faible encore sur l'o-crésol. Le p-crésol se colore presque immédiatement en jaune puis en jaune d'or et enfin le liquide se trouble et se colore en jaune brun.

Dans les mêmes conditions le m-crésol se colore en jaune d'or tandis que le o-crésol prend une teinte rose jaunâtre.

Le système hydroperoxyde-peroxydase (image de la laccase) fournit en présence d'une solution de para crésol un corps blanc, lourd, insoluble dans l'eau ; le m-crésol un corps rose chair ou un peu sale, l'o-crésol donne rapidement un corps brun foncé.

La spécificité de la tyrosinase se marque donc par une série de réactions très différentes de celles que fournit le système peroxydase-hydroperoxyde (= laccase).

On ne pourra plus dire désormais que la tyrosinase a pour seule action spécifique connue d'oxyder la tyrosine, elle oxyde aussi les homologues du phénol et plus particulièrement ceux qui ont, comme la tyrosine, leurs chaînes latérales en position p.

Ainsi nous arrivons à définir la tyrosinase, ce qui n'avait pas été fait auparavant. Sa spécificité est donc fonction de certaines structures du corps à oxyder. De même que la réaction de Millon[1] n'est pas spécifique pour la tyrosine mais qu'elle s'obtient avec tous les dérivés du benzène dans lesquels un seul H est remplacé par un OH (crésol) gaïacol, eugénol. Le ferment oxydant, la tyrosinase, est actif vis-à-vis des dérivés du benzène homologues du phénol qui ont comme la tyrosine, outre une chaîne latérale, un OH attaché directement au noyau benzénique et plus particulièrement en position para.

[1] Baumann, *Ber. d. d. Chem. Ges.*, Bd. XII, p. 1450 (1879). Salkowski, *Ibid.* XIII, 1891, 2217 (1880).

Le réactif de Millon[1] se comporte cependant d'une autre manière que la tyrosinase. Cette dernière est plus active vis-à-vis du dérivé p, moins vis-à-vis du dérivé m, et encore moins sur le dérivé o ; au contraire, le réactif de Millon oxyde mieux le m-crèsol, puis le p-crésol, et moins rapidement l'o-crésol. Les crésols sont particulièrement sensibles au réactif de Millon.

Pour terminer nous ajouterons que la réaction de la tyrosinase sur le p-crésol est si rapide et si intense qu'elle peut devenir un moyen excellent pour rechercher ce ferment. Cette réaction est beaucoup plus démonstrative que celle de la tyrosine car la solubilité du p-crésol étant beaucoup plus forte que celle de la tyrosine, le produit d'oxydation apparaît plus vite. Enfin comme la réaction de la laccase sur le p-crésol (ou de son image le système hydroperoxyde-peroxydase) se traduit par la formation d'un corps blanc, il n'y a pas de confusion possible avec ce second ferment oxydant alors même que le p-crésol serait un peu peroxydé. La peroxydase qui accompagne souvent la tyrosinase agissant dans un autre sens que la tyrosinase il n'y aura ni superposition de réactions ambiguës ni amoindrissement de la réaction.

On peut en outre augmenter singulièrement la sensibilité de ce réactif. Il suffit d'ajouter du glycocolle à la solution de p-crésol. Très rapidement, sous l'influence du ferment oxydant la coloration devient rouge-cerise intense. L'alanine, la leucine et d'autres acides aminés comme la phénylalanine exercent une action analogue. Seulement, avec le glycocolle la coloration

[1] O. Nasse, *Sitzb. Halle*, 31 mars 1879 et *Pflügers Archiv.*, Bd. LXXXIII, 361 (1901). — W. Waubel, *Zeitschr. f. angewandte Chemie*, 1900, p, 1125.

passe au violet, puis au bleu outremer avec une belle fluorescence rouge.

Le phénol se comporte d'une manière analogue.

Bourquelot[1] a déjà étudié l'action du ferment oxydant des champignons vis-à-vis de beaucoup de phénols et d'amines aromatiques. Malheureusement cet auteur n'a jamais nettement séparé l'action spécifique de la laccase de celle de la tyrosinase. Moins affirmatif que Bertrand qui a montré l'indépendance des deux ferments Bourquelot (p. 895 l. c.) conclut : « Il y aurait peut être deux ferments (dans le ferment oxydant des champignons). Je crois cependant prudent de ne pas me prononcer définitivement sur ce point. » Dans sa note sur l'emploi du gaïacol comme réactif des ferments oxydants ce même auteur admet qu'il peut exister : (ferment oxydant des champignons).

1° Des liquides qui possèdent à la fois la propriété de bleuir le gaïac et rougir le gaïacol et noircir la tyrosine.

2° Des liquides possédant les deux premières propriétés et pas la dernière.

3° Des liquides (ferment de la pomme de terre, suc de ce tubercule obtenu directement) qui ne possèdent que la première propriété.

A cette subdivision nous ferons les objections suivantes : Le *Russula delica* contient de la laccase et de la tyrosinase ; la laccase bleuit le gaïac et rougit le gaïacol ; la tyrosinase agit sur la tyrosine — le suc ancien du *Russula delica* perd la propriété d'oxyder la tyrosine mais conserve sa laccase — quant au suc de pomme de terre préparé comme l'indique Bourquelot il ne contient plus ni laccase ni tyrosinase ; il ne reste plus que la peroxydase.

[1] *Soc. biolog.* 1896, p. 811, 826 ; Id. *C. R.* vol. 123, 424, etc.

Ce dernier ferment agit sur le gaïac vieilli ou finit par agir sur l'émulsion de gaïac parce que, celle-ci se peroxydant, la position peroxydée sert d'intermédiaire pour le système peroxydase-hydroperoxyde nécessaire pour le bleuissement du gaïac.

Notre tyrosinase extraite des pelures de pomme de terre ne contient pas de laccase mais de la tyrosinase et de la peroxydase.

Nous n'avons pas encore pu pousser assez loin ces recherches sur la spécificité pour pouvoir dire dès maintenant quels sont toutes les catégories de combinaisons que peut oxyder la tyrosinase (en l'absence de toute laccase). Mais nos expériences sur l'action de la tyrosinase sur les crésols comparée à celle du système laccase (hydroperoxyde-peroxydase) sur les mêmes corps, nous montre nettement cette spécificité comparée à celle de laccase (= hydroperoxyde-peroxydase).

De tout ce qui précède il résulte :

1° La tyrosinase est un ferment oxydant spécifique qui ne peut être remplacé par le système peroxydase-hydroperoxyde.

2° Son action en fonction de sa concentration peut être exprimé par la formule $(ax + b)$. Cette action est donc analogue à celle de la laccase (Chodat).

3° Elle est détruite à une température voisine de 65°.

4° Son action s'accélère avec la température (hyperbole) ; il n'y a pas d'optimum.

5° Son action sur la tyrosine pure se marque par une coloration rose qui passe au violet puis vire au noir (Gessard).

6° Cette action est diminuée par la présence des acides aminés tels que glycocolle, alanine, leucine, etc.

7° Les anhydrides peptiques tels que glycyltyrosine-anhydride et tyrosine-anhydride sont faiblement oxydés par la tyrosinase et fournissent des corps jaunes, jamais rouges et qui ne virent pas au noir.

8° Ces anhydrides prennent si on les additionne d'acides aminés comme glycocolle, alanine ou leucine la coloration rouge caractéristique de la tyrosine.

9° Cette coloration rose passe avec le temps au bleu-vert lorsqu'il s'agit d'un mélange de glycinetyrosine-anhydride et de glycocolle, au rouge si le corps ajouté est l'alanine, au brun foncé si ce corps est la leucine.

10° Par la tyrosinase on peut déceler la présence de la tyrosine dans les produits de la peptolyse dans la mesure ou cette action n'est pas atténuée par d'autres acides aminés.

11° On peut reconnaître des peptides à radical tyrosine dans les produits ultimes de la digestion peptique (pepsine-acide chlorhydrique) par l'addition de glycocolle ou d'autres acides aminés et de la tyrosinase (coloration rose) puis variée (vert-olive, bleu aigue-marine) selon les acides aminés présents.

12° L'accéleration produite par l'addition de glycocolle aux peptones tryptiques traitées par la tyrosinase permet de reconnaître l'existence de peptides à côté des acides aminés.

13° Le glycocolle ajouté à l'albumine ou à la peptone favorise la production rapide de peptides ou d'amino-acides par le ferment tryptique.

14° Ces méthodes permettent d'analyser par un nouveau procédé le phénomène de la peptolyse et reconnaître l'apparition des peptides.

COMPTE RENDU DES SÉANCES
DE LA SOCIÉTÉ NEUCHATELOISE
DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 17 mai 1907.

Spinner. Inflorescence de Primula officinalis. — Rougemont. Observations botaniques et entomologiques dans la Suisse italienne.

M. le prof. Spinner fait une communication sur l'« *Inflorescence de Primula officinalis* ». Ses observations portant sur environ 2000 exemplaires l'ont conduit à des résultats différents quelque peu de ceux qu'a obtenus M. Chodat (voir Principes de botanique page 655). Il a obtenu deux maxima correspondant aux nombre de fleurs 5 et 8. Il ne croit pas avec M. Chodat qu'il s'agisse d'augmentations périodiques, mais bien d'une courbe continue dont les sommets sont en relation directe avec les cycles foliaires $^1/_3$, $^2/_5$, $^3/_8$, $^5/_{13}$, etc. En outre il a remarqué que le nombre des fleurs est en relation étroite avec la fertilité du terrain, plus celui-ci est maigre plus le nombre des rayons de la fausse ombelle est réduit. La courbe calculée donne un maximum près de 8 rayons avec le 15 % des fréquences totales.

M. le pasteur de Rougemont rend compte de ses observations botaniques et entomologiques dans la Suisse italienne. Il fait remarquer entre autres les différences existant entre la région de Lugano et celle de Locarno, la première sur terrain calcaire en plein versant italien, l'autre dans les schistes cristallins participant encore à la flore des Alpes auxquelles elle s'appuie.

Séance du 1er juin, avec fête du centenaire d'Agassiz.

Bugnion. Fulgora maculata de Ceylan. — Girardin, Etudes glaciologiques depuis Agassiz. — Schardt. Géologie du Vully.

M. le prof. Bugnion, de Lausanne, parle du *Fulgora maculata de Ceylan* dont il décrit l'anatomie détaillée.

M. le prof. Girardin, de Fribourg, résume ensuite tout le chemin parcouru par les *Etudes glaciologiques depuis Agassiz.*

M. le prof. Schardt, de Neuchâtel, présente une communication sur la *Géologie du Vully*. Cette géologie est très simple. La colline est formée de mollasse marine plus ou moins tendre alternant avec des couches marneuses et portant quelques restes glaciaires et lacustres. Le bloc erratique connu dans la contrée sous le nom de « Palais roulant » portera dorénavant le nom d'Agassiz.

Séance du 14 juin.

Clerc. Blocs erratiques de l'Oural. — Schardt. Gisement de terrain tuffeux à St-Blaise.

Il est lu un travail de M. Onésime Clerc, prof. à Iékatérinebourg (Russie) sur les *Blocs erratiques de l'Oural*. L'auteur cherche à démontrer le rôle important qu'ont joué et que jouent encore ces blocs comme lieux de cultes ou de sépulture chez les sauvages qui les croient tombés du ciel.

M. le prof. Schardt fait une communication sur un *gisement de terrain tuffeux à St-Blaise*. En avril, il a été découvert une pierre tombale romaine sous deux mètres de roche tuffeuse très terreuse. Cette pierre placée sur le sol a été recouverte depuis par les dépôts calcaires du ruisseau de la Golette qui serpentait alors dans les gazons de la colline. La couche tuffeuse a cessé de s'accroître dès que ce petit cours d'eau a été canalisé pour servir de force motrice.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 17 avril 1907.

E. Chuard. Réduction au minimum des traitements cupriques de la vigne. Nouveau produit pour la lutte contre le mildiou. — C. Rœssinger. Coupes géologiques dans la région de Caux. — F.-A. Forel. Variations de grandeur des glaciers des Alpes suisses. — Paul-L. Mercanton. Regélation de Tyndall.

E. Chuard. *Traitements cupriques de la vigne.*

La réduction au minimum de la quantité de cuivre employée aux traitements cupriques contre le mildiou est désirable à plusieurs égards, et ce n'est pas sans de bonnes raisons qu'on cherche à la réaliser, sans toutefois, cela va sans dire, diminuer l'efficacité des traitements. En premier lieu c'est la question du prix de revient qui est à considérer. Avec les prix actuels du cuivre et par conséquent de ses composés, la dépense occasionnée au vignoble par la préparation des remèdes cupriques devient très sensible. Pour le vignoble vaudois, elle peut s'évaluer à environ fr. 400.000 annuellement.

D'autre part, cette diffusion de cuivre dans le sol, où il est soustrait pour jamais aux besoins de l'industrie et de la civilisation actuelle, n'est pas non plus un fait négligeable. Pour ceux qui ne se bornent pas à envisager l'intérêt immédiat et qui songent aussi à l'avenir, même lointain, cette dispersion d'un métal si indispensable est de nature à suggérer quelque inquiétude, et il est certainement désirable qu'on limite dans la mesure du possible

cette consommation qui n'est suivie d'aucune récupération.

Enfin, on ne voit pas non plus sans inquiétude le sol de nos vignobles s'enrichir peu à peu d'un métal, dont on connait les propriétés dangereuses à partir d'une certaine proportion.

La plus grande partie en effet du cuivre dépensé pour les traitements contre le mildiou demeure fixée au sol. Nous avons institué quelques recherches en vue d'établir la proportion de ce métal actuellement acquise à la couche superficielle et nous avons pris à cet effet comme exemple la vigne du Champ-de-l'Air, qui sert dès 1886 aux expériences de la Station viticole. Nous avons constaté par l'analyse la présence, dans la couche arable (20 cm. de profondeur), de 0.035 gr. de cuivre métallique par kilogramme. C'est donc déjà une proportion appréciable. Si nous recherchons le rapport entre ce chiffre et la quantité totale de cuivre dépensé, nous pouvons l'établir en nous aidant des documents dont nous disposons concernant les traitements auxquels la dite vigne a été soumise, de 1886, jusqu'à fin 1906. En nous basant sur ces données, nous avons calculé que la quantité totale de cuivre répandu sous forme de traitements cupriques divers, est d'environ *26 grammes* au mètre carré. Pour rapporter ce chiffre au kilogramme, nous avons déterminé le poids du décimètre cube de terre, et ensuite le poids de la couche superficielle dans laquelle nous avions prélevé notre échantillon d'analyse. Cette couche, pour une surface de 1 m^2 et une profondeur de 20 cm., pèse 360 kilogrammes.

Si les 26 gr. de cuivre répandu de 1886 à 1906 étaient demeurés entièrement fixés dans cette couche, celle-ci devrait donc doser 72 milligrammes de cuivre. Nous en avons retrouvé 35, soit à peu près la moitié. Le surplus se trouve sans doute en grande partie dans la couche plus profonde, où du reste plongent aussi les racines ; peut-être une partie est-elle éliminée par les eaux d'infiltration ; c'est une constatation encore à faire.

CHUARD. *Nouveau produit pour la lutte contre le mildiou.*

Dans les recherches que nous poursuivons depuis long-

temps en vue de diminuer la consommation des sels de cuivre, notre attention a été attirée sur un produit nouveau, qui n'est pas encore dans le commerce, et duquel nous espérons pouvoir tirer parti dans la lutte contre le mildiou.

Il s'agit du produit qui résulte de l'attaque d'une anode de cuivre par le chlore provenant de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, dans le procédé de fabrication qui fait l'objet des brevets de M. Granier, ingénieur français. Ce procédé donne, à côté de la soude caustique, un sel de cuivre pratiquement insoluble dans l'eau, que l'auteur appelle *chlorure cuivreux* et qui, dans son idée, est destiné à être transformé en sulfate de cuivre, par action de l'acide sulfurique.

Nous avons étudié de plus près ce produit dénommé chlorure cuivreux, et constaté aisément qu'en réalité c'est un *oxychlorure* ou un mélange d'*oxychlorures*, dont la composition répond à peu près à celle du composé $CuCl_2 . 3 CuO . 3 H_2O$ qui constitue le minéral et minerai de cuivre appelé atacamite. Le produit brut que nous avons eu à disposition dose à l'état sec 56,2 % de cuivre et 16,72 % de chlore. L'oxychlorure pur et anhydre devrait doser 68,1 % de cuivre et 19,01 de chlorure.

Ce composé nouveau, au moins comme produit industriel qui constitue une poudre vert-clair, légère, demeurant longtemps en suspension dans l'eau, présente des propriétés d'*adhérence* qui ont immédiatement fixé notre attention.

Nous nous sommes demandé si ces propriétés ne seraient pas utilisables pour la lutte contre le mildiou, qui nécessite des composés cupriques très peu solubles, ou même pratiquement insolubles, comme l'hydrate de cuivre de la bouillie bordelaise, mais demeurant fixés à la feuille, formant en quelque sorte des provisions où l'eau de pluie ou de rosée prend successivement les quelques millioniėmes suffisant à empêcher la germination des spores.

Nous avons donc institué, au printemps 1906, quelques essais de traitement avec une bouillie à l'oxychlorure, en employant des doses très faibles de ce produit, 200 gr. à

l'hectolitre, correspondant à un peu plus de 100 gr. de cuivre métallique : la bouillie à 2 % de sulfate renferme *500 gr.* de cuivre à l'hectolitre.

Comme chacun le sait, l'année 1906 n'a pas été une année de mildiou, heureusement. Notre expérience est donc demeurée forcément incomplète.

Nous avons néanmoins pu constater les faits suivants :

1° La vigne ne souffre aucunement de l'application du nouveau produit, à la dose que nous avons employée et même à dose plus forte.

2° Le produit marque suffisamment sur la feuille pour qu'on puisse contrôler le traitement. Les traces sont cependant moins apparentes qu'avec la bouillie bordelaise.

3° En ce qui concerne l'adhérence, on a retrouvé, après la vendange, 1,76 milligrammes de cuivre par feuille, tandis qu'une parcelle voisine traitée au verdet dosait 2,93 milligr. Si on tient compte que la proportion de cuivre appliquée avec le verdet était environ 2 ½ fois celle appliquée avec l'oxychlorure, on peut conclure que l'adhérence de ce dernier est très remarquable.

4° Enfin les ceps visités un à un n'ont montré aucune atteinte de mildiou. Il en était de même, il est vrai, de la vigne tout entière, quel que fût le traitement appliqué, et l'expérience à ce sujet n'est pas concluante, étant donnée la rareté du mildiou en 1906. Il faut noter cependant que les vignes *non traitées* ont en général présenté des attaques, au moins visibles, sinon graves.

M. G. Rœssinger. *Coupes géologiques dans la région de Caux.*

1° En suivant le sentier de Caux aux Rochers de Naye, depuis Raveyres jusqu'à la Veraye, on traverse l'anticlinal de la Dent de Merdasson. Ce pli se révèle ici comme un *simple anticlinal isoclinal* sans contacts anormaux importants, avec un noyau de Rhétien et deux flancs bien conservés formés de Lias. Le Rhetien marno-calcaire affleure dans l'angle rentrant du sentier, sous Crêt-di-Bau. Le Lias inférieur calcaire a deux niveaux : l'inférieur compact, le

supérieur siliceux, séparés par des schistes foncés. Toutes ces différentes roches se retrouvent aussi bien dans le flanc renversé que dans le flanc normal du pli. Le Lias supérieur schisteux du flanc nord affleure au sud-est de Raveyres, et enfin dans la carrière même de Raveyres on constate le Dogger, alternats de calcaire bréchoïde ou oolithique et de schistes, qui ont livré *Lytoceras tripartitum. Aptychus lamellosus? Phylloceras sp.*

Le noyau rhétien se retrouve près du Z de Chamossalaz (carte Siegfried) où il contient des *Bactryllium*. Le Lias inférieur compact forme une charnière convexe au nord-ouest, sur le flanc nord de la Dent de Merdasson, à l'altitude de 1750 m. environ, où la carte indique des rochers. Ce calcaire a fourni ici *Lima tuberculata*, *Pecten sp.*, etc. Au bout est et immédiatement en dessous de l'affleurement pointe le calcaire siliceux, et cette même dernière roche forme tout le sommet de la Dent.

2° La ligne de chevauchement bien connue qui franchit la Baye-de-Montreux à quelque deux ou trois cents mètres en amont du Pont-Bridel, *se dirige, à partir d'ici, vers le sud* et non vers le sud-ouest ou le sud-sud-ouest. En effet, à une cinquantaine de mètres à l'ouest du point où le torrent de Nermont rencontre le chemin de Clerbaye au Gresalley et sur le chemin même, on constate entre le Rhétien renversé et le Lias supérieur quelques blocs calcaires du Lias inférieur. Au contraire en descendant le torrent jusqu'à la route de Glion-Les Avants on rencontre seulement une grande épaisseur de Lias supérieur normalement superposé à une voûte de calcaire siliceux du Lias inférieur. Le Lias supérieur a livré près de sa base *Harpoceras serpentinum*. De même, plus au sud-ouest encore le torrent des Vaunaises entre la route de Glion-Les Avants et le Lias inférieur d'en-dessous de Clerbaye, montre une voûte de Trias recouverte en aval et en amont de Rhétien à *Avicula contorta*, sans trace de chevauchement.

M. F.-A. Forel présente son *rapport annuel sur les variations de grandeur des glaciers des Alpes suisses*. D'après

les observations des agents forestiers cantonaux, réunis par l'Inspecteur fédéral des Eaux et Forêts, il n'y aurait eu, dans l'ensemble des glaciers suisses, de signe de crue constaté que chez :

Le Dard, le Scex-Rouge, le Prapioz, des Alpes vaudoises : l'Eiger, le Blümlisalp, le Kandersfirn, des Alpes bernoises ;

Le Firnälpeli, de l'Obwald ;

Le Piz-Sol et le Sardona, des Alpes saint-galloises.

Ces deux derniers étaient déjà signalés comme étant en crue l'année dernière ; ils sont dans un état de crue *probable*. Pour les autres, l'observation de crue étant la première, ils doivent être qualifiés comme étant en crue *douteuse*. Aucun glacier n'est en crue *certaine*. La grande généralité des glaciers suisses est en décrue.

M. Forel appelle *étiage* l'état de minimum absolu de longueur du glacier. Dans les variations de grandeur du glacier, il y a deux stades pendant lesquels règne un équilibre approximatif entre le débit d'écoulement et l'ablation de la glace ; on les désigne sous le terme d'état stationnaire du glacier, soit en stade de maximum, soit en stade de minimum. Dans ces stades seulement, le facteur ablation, dû aux faits météorologiques de variabilité rapide, devient prédominant, et les allures du glacier prennent un caractère d'irrégularité spéciale : le sens de la variation change fréquemment et alterne presque chaque année.

Ces allures caractéristiques permettent de reconnaître l'état stationnaire du glacier en stade de minimum, l'étiage du glacier. Cet étiage est d'un haut intérêt scientifique en ce qu'il indique l'état d'équilibre climatique entre les facteurs de production et de destruction des glaciers. La position du front du glacier en état d'étiage permet donc des comparaisons utiles pour les variations possibles du climat : elle devrait donc être notée attentivement et conservée dans des documents cartographiques de signification assurée, à l'usage de nos successeurs des siècles prochains.

M. Paul-L. Mercanton a tenté de répéter avec le bismuth l'expérience de la regélation de Tyndall. Cette expérience

repose, comme on sait, sur l'abaissement du point de fusion de la glace d'eau par la compression. Un fil métallique mince, chargé d'un poids, chevauche le bloc de glace, et s'y enfonçant graduellement, le traverse bientôt complètement sans le couper, les lèvres de la coupure se ressoudant solidement derrière le fil. La substance liquifiée par la pression sous le fil se solidifie au-dessus de lui, où la compression cesse.

On peut, en s'appuyant sur la Thermodynamique, calculer le taux d'abaissement du point de fusion avec la pression ; on trouve 0,0075° C. pour l'eau et quelque 0,0035° C. pour le bismuth.

La difficulté principale avec ce dernier corps est de le maintenir à sa température de fusion, 267°.

Les expériences de M. Mercanton ont été faites sur des bâtons de bismuth récemment fondus, de 1 cm. de diamètre, dans une enceinte chauffée électriquement.

Un fil de fer de 0,3 mm. de diamètre été chargé d'un poids allant jusqu'à 3 kg., permettant une pression de 100 atmosphères.

Le résultat commun à toutes les expériences a été celui-ci :

Le bloc a été coupé dans toute sa largeur. Les lèvres de la coupure ne se sont pas refermées. Le fil de fer s'est recouvert par places de Bi fondu et des traces de fusion se sont montrées sur son passage.

Il paraît bien, d'après celà, qu'il y a eu fusion locale du métal sous l'effet de la pression, mais pas de regélation bien nette. L'expérience vaudrait la peine d'être reprise sur de gros blocs de bismuth, en opérant lentement, à température bien constante.

Séance du 15 mai.

F.-A. Forel. Les eaux lacustres au point de vue de l'alimentation. — S. Thomas. Sporulation de diatomées.

M. F.-A. Forel étudie *les eaux lacustres au point de vue de l'alimentation des villes*. Il rappelle qu'elles sont em-

ployées, à satisfaction, à Genève; les seuls accidents, épidémies de typhoïde de 1881 et de 1884, qu'on ait eu à leur attribuer étaient dus à une mauvaise installation, qui a été corrigée depuis lors.

Au lac de Constance, trois villes vont chercher leur alimentation d'eau dans le Bodan, où les pompes l'aspirent à 35-48 m. de profondeur ; à St-Gall (Rorschach), où l'eau est filtrée sur le sable avant d'être refoulée dans les réservoirs de la ville, à Romanshorn et à Constance où elle est consommée en nature, sans filtration. La filtration est nécessaire ou opportune à Rorschach par le voisinage des bouches du Rhin, dont les eaux, terreuses en été, rendent trop souvent opalines les eaux du lac ; à Romanshorn et à Constance, elle est inutile; les seules circonstances où les eaux soient louchies pendant un ou deux jours sont les cas de déversement, dans le lac, des eaux des affluents débordés, salies par de l'alluvion. Dans ce cas, l'opalescence des eaux pompées dans le lac est due à de l'alluvion minérale impalpable, parfaitement innocente.

La prise d'eau des canaux d'aspiration est relevée à 5 m. au-dessus du sol, pour éviter l'entrée des eaux allourdies par l'alluvion qui s'écoulent dans la profondeur, le long des talus du lac; cette hauteur de 5 m. est suffisante, cela est démontré par l'absence de louchissement des eaux pompées, alors même qu'une tempête de fortes vagues a soulevé la vase du rivage et sali les eaux littorales.

La surveillance de la qualité des eaux par l'étude des germes organiques et des impuretés ammoniacales a donné des résultats très satisfaisants.

Dans ces trois stations du lac de Constance, les eaux lacustres, plus douces, plus pures, de température presque constante, sont jugées, expérience faite, très supérieures comme eaux d'alimentation aux eaux de sources qui sont beaucoup plus dures.

Des analyses chimiques faites à Constance en 1903, par différence entre le résidu sec et le résidu calciné, il résulte que la valeur des eaux du Bodan, en matières organiques dissoutes, est de 31 milligrammes par litre.

M. S. Thomas parle de la *sporulation des diatomées*, l'un des *trois modes* de reproduction de ces charmantes petites algues. Les preuves du premier mode, la *scissiparité*, abondent dans toutes les collections dans les récoltes fixées : Biddulphia, Isthmia, Melosira en chaînons.

Le deuxième mode est la *copulation*, que l'on ne voit presque jamais dans les récoltes fixées, deux diatomées se fusionnent et donnent naissance à un sporange duquel sort une diatomée complète, qui a recouvré la grandeur primitive de l'espèce.

Le troisième mode, la *sporulation*, est une véritable reproduction par germes. Elle a été longtemps plutôt supposée que prouvée : elle rendait compte de la réapparition annuelle ou semestrielle de certaines espèces dans certaines localités où on ne les retrouvait pas entre temps. Cependant, Rabenhorst *(Die Süsswasser Diatomaceen)* en 1853 déjà, publiait une observation précise qui eût dû diriger les recherches sur ce point. Mais elle n'attira point l'attention parce qu'elle se heurtait aux théories en vogue alors. MM. Lanzi et le comte Castracane publièrent beaucoup d'observations montrant la juxtaposition de certaines diatomées avec des corpuscules plus petits, mais sans parvenir à établir d'une manière irréfutable que ces corpuscules fussent des germes de diatomées. Ce n'est qu'en décembre 1902 que M. le professeur Bergon eut la bonne fortune de se trouver, à Arcachon, en présence d'une sporulation du Bidd. Mobiliensis si active qu'on voyait toutes les phases de la formation des microspores. M. Bergon a rendu compte de sa découverte dans le Bulletin de la Société scientifique d'Arcachon, au commencement de 1903. D'autres observations subséquentes de MM. Bergon et Peragallo ont confirmé ces résultats. En 1904, Gran *(fauna artica)* et Karsten (Mém. de la Soc. Bot. de Berlin) ont publié des observations analogues.

D'une façon générale, le phénomène se passe comme suit (dit M. H. Peragallo, dans le Bull. de la Soc. biol. d'Arcachon 1906, article reproduit par le *Microgr. préparat.* de M. Tempère, juillet 1906) :

« Une cellule se divise et les deux masses plasmiques

» s'entourent d'une membrane hémiglobuleuse rigide et » peu silicifiée, dont les convexités sont tournées l'une » contre l'autre. — Ce sont les sporanges — dans le contenu se divise en spores de nombre pair (2, 4, 8, 16, » 32), qui s'arrondissent en se multipliant. Chaque division de spore est précédée de la division du noyau. A » la division de 16 en 32, les spores s'animent, elles sont » alors munies de deux flagellums dont les mouvements » font sortir les spores hors du sporange. »

Il est à désirer que ces observations, jusqu'ici limitées aux diatomées marines, puissent être renouvelées sur des diatomées d'eau douce, cultivées d'après la méthode du Dr Miquel et par des ensemencements sectionnés, de manière à faciliter l'étude d'une seule espèce isolée. Il faudrait d'abord se limiter à l'étude des Pinularia et des grandes Cymbelles, des Cymatopleura et des Campylodiscus noricus, plus faciles à se procurer et à observer.

(Voir dans le *Diatomiste* de M. Tempère la composition des liquides nourriciers et les précautions à prendre pour cette étude.)

Assemblée générale du 1er juin

tenue à Môtiers (Vully) en l'honneur de L. Agassiz, natif de cette localité.

La séance s'ouvre au temple de Môtiers, sous la présidence de M. Musy (Fribourg).

M. Mayor, pasteur à Môtiers, prononce un discours sur la personnalité d'Agassiz et ses idées philosophiques.

Puis M. Edouard Bugnion parle des *Fulgores de Ceylan*, avec croquis, photographies et spécimens à l'appui. (*Voir aux Mémoires.)*

M. Girardin (Fribourg) retrace les progrès de la glaciologie depuis Agassiz.

Enfin M. H. Schardt (Neuchâtel) décrit la *constitution géologique du Vully.*

Par acclamations, on adopte deux propositions tendant à attribuer à un gros bloc erratique du Vully le nom de Bloc Agassiz et à envoyer à Alexandre Agassiz (Cambridge U. S. A.), fils de Louis Agassiz, un télégramme de félicitations.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

P. WEISS ET A. COTTON. MESURE DU PHÉNOMÈNE DE ZEEMAN POUR LES TROIS RAIES BLEUES DU ZINC, *Journal de physique*, livraison de juin 1907.

Les raies du zinc que les auteurs ont étudiées sont les trois raies bleues bien connues dont les longueurs d'onde en unités d'Angström ont, d'après Kayser et Runge, les valeurs :

$$\lambda = 4810,71, \qquad \lambda' = 4722,26. \qquad \lambda'' = 4680,33.$$

A chacune de ces raies correspond, comme on sait, une série secondaire.

Ils se sont proposés de mesurer les intervalles entre les composantes de ces raies modifiées par le champ magnétique pour reconnaître si l'écart entre elles varie proportionnellement à l'intensité du champ.

Leurs conclusions sont les suivantes :

L'effet Zeeman pour les raies bleues du zinc est conforme aux règles de Runge et Paschen et varie proportionnellement à l'intensité du champ.

La valeur de la constante $K = \delta(\lambda)/H\lambda^2$ qui caractérise la grandeur du changement magnétique pour ces raies, et par conséquent pour toutes les raies de la deuxième série secondaire non seulement du zinc, mais aussi du cadmium, du magnésium, etc..., est $1,875.10^{-4}$ avec une erreur relative inférieure à 1 %.

La quantité désignée ici par $\delta(\lambda)$ représente, en particulier, l'écart entre les deux composantes latérales de la raie 4680, qui donne dans le champ magnétique un triplet pur. Si l'on applique à ce triplet la théorie élémentaire de

Lorentz, on en déduit, pour le rapport de la charge d'un électron à sa masse, les diverses quantités étant évaluées en unités électromagnétiques, et v étant la vitesse de la lumière :

$$e/m = 2\pi v K = 3{,}534 \times 10^7,$$

avec la même erreur relative.

Otto Lehmann. Frick's physikalische technik, 7te vollkommen umgearbeitete und stark vermehrte Auflage, IIter Band, 1te Abteilung, mit 1443 Fig. im Text, Braunschweig, Vieweg u. Sohn, 1907.

Nous avons déjà signalé cet ouvrage à nos lecteurs lors de l'apparition du 1er volume en 1904[1], et avons relevé alors ses précieuses qualités. Le 3e demi-volume que nous annonçons aujourd'hui, est digne en tous points de ses devanciers et fait le plus grand honneur à la célèbre maison d'édition Vieweg et fils. Il est enrichi de 1443 figures d'une très fine exécution et de 3 grandes planches. Il constitue un répertoire complet de physique expérimentale appliquée et cela dans le champ si vaste de l'électricité, qui s'étend tous les jours avec une si grande rapidité. A ce titre il est appelé à rendre les plus signalés services aux techniciens et à ceux qui sont chargés de leur enseigner la science qu'ils auront à mettre en pratique.

Louis Duparc et Francis Pearce. — Traité de technique minéralogique et petrographique. Leipzig, Veit & Co, 1907. 516 fig. et 1 pl. Première partie : Les méthodes optiques.

Le premier tome de l'ouvrage que MM. Duparc et Pearce présentent au public scientifique, fait bien augurer de la suite. Ce traité est appelé, nous le croyons, à avoir un certain retentissement dans le monde pétrographique et minéralogique.

[1] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1904, t. XVIII, p. 524.

En parcourant ce premier volume, l'on a l'impression que les auteurs sont *up to date*; l'optique minéralogique, aux progrès de laquelle les auteurs ont du reste contribué pour leur bonne part, leur est familière. L'ouvrage a subi cette puissante influence et il n'est pas de démonstration qui ne soit en grande partie, ou même entièrement originale.

Les auteurs débutent par des considérations générales sur la théorie des ondulations et donnent en passant, une démonstration fort élégante et nouvelle de la composition des vibrations (parag. 13). La double réfraction est sérieusement étudiée. La forme des surfaces d'onde dans les cristaux à 2 axes, les équations donnant la valeur de l'angle des axes optiques en fonction des indices, sont soigneusemeut et élégamment démontrées.

La lecture du chapitre concernant la réflexion totale (parag. 92-94) est tout à fait nécessairé à celui qui veut mesurer les indices de réfraction par cette méthode. Plusieurs considérations sont neuves. Le chapitre VI nous a un peu surpris au premier abord, car il traite des lentilles, des instruments d'optique, et, en particulier, des propriétés du microscope; mais après lecture faite, nous avons reconnu qu'il était réellement à sa place et condensait de nombreuses notions éparses et souvent introuvables ailleurs.

Le chapitre VII traite des appareils de polarisation et en particulier du microscope de minéralogie et pétrographie.

Les microscopes de divers fabricants sont étudiés et décrits. Nous devons dire que l'un des auteurs s'est occupé lui-même de l'établissement d'un type de microscope.

Nous avons entre les mains depuis deux ans, un instrument semblable, et nous pouvons dire qu'il répond à tous les désidérata possibles. Les travaux en lumière convergente sont particulièrement faciles, grâce à l'excellent système optique.

Le chapitre se termine par des recommandations sur le mode de centrage des microscopes.

Nous arrivons avec le chapitre VIII à l'examen des cristaux en lumière parallèle et aux biréfringences.

Les diverses méthodes de mesures sont passées en revue et appréciées. On sait que la biréfringence maximum que présente un minéral est un moyen de diagnostic précieux ; aussi les auteurs n'ont-ils rien négligé pour exposer ce chapitre avec tout le soin voulu, et ils donnent une belle planche en couleurs (tirée sur papier fort) qui montre, en abaque, les retards en millionièmes de millimètre, pour des épaisseurs variant de 0,01 à 0,06, relatifs à 150 minéraux principaux. La teinte qu'aura le minéral entre les nicols croisés, frappe les yeux à simple lecture.

Les chapitres X et XI sont capitaux pour le pétrographe. Ils traitent des extinctions et des éclairements communs. Après avoir défini les extinctions et les lignes directrices, les auteurs montrent comment on peut établir la courbe d'extinction en zone. Ils exposent les trois méthodes : expérimentale, mathématique et stéréographique. Ils font voir que cette dernière est de beaucoup la plus commode et ils se servent de la projection stéréographique pour exposer par une méthode nouvelle l'étude des propriétés générales de ces courbes d'extinction en zone.

Ces propriétés sont pénibles à démêler lorsqu'on se sert du calcul mathématique seul, tandis que la solution que donnent MM. Duparc et Pearce est légère et parle aux yeux. Ils démontrent que si l'on projète stéréographiquement l'axe de zone au centre du plan fondamental, les deux axes optiques en deux points quelconques dans l'intérieur du cercle fondamental, et, si l'on désigne d'autre part par ε l'angle d'extinction par $2\,\varphi$ l'angle du triangle sphérique formé par la projection des grands cercles passant par l'axe de zone et les axes optiques, et par α l'angle que fait la face mobile avec la trace du plan directeur, $\theta\theta'$ étant les angles compris entre l'axe de zone et les axes optiques, on obtient immédiatement une formule très simple, qui se lit d'elle-même sur le graphique, c'est-à-dire

$$\varepsilon = \frac{1}{2}\left[\text{arc tang}\left(\text{tang}\,\theta\ \text{cas}\,(\varphi + \alpha)\right) + \text{arc tang}\left(\text{tang}\,\theta'\cos\,(\alpha - \varphi)\right)\right]$$

L'angle d'extinction étant donné par cette équation, il devient alors très facile de discuter la courbe.

Les auteurs montrent que dans le cas général il passe par un maximum facile à démontrer, en prenant la dérivée première de l'équation ci-dessus. La courbe est fermée, elle est asymétrique, elle représente le lieu des pôles de la ligne d'extinction, de même signe que la bissectrice de l'angle aigu des axes optiques, pour toute la zone. Elle passera toujours par le pôle de la bissectrice aiguë B*a*, coupera le plan des axes optiques, ainsi que celui mené par l'axe N_m et la même bissectrice, en deux points, *m* et *p* dont les positions sont indépendantes de l'angle 2V.

Les auteurs démontrent ensuite dans quel cas cette courbe devient symétrique comment varient les maxima et minima, et comment le signe de la courbe fermée est influencé par la position de l'axe de zone relativement aux bissectrices.

Cette discussion très approfondie, nous a frappé par sa rigueur, sa clarté d'exposition, et, si l'on peut s'exprimer ainsi, par sa maniabilité. C'est du reste la remarque générale que l'on peut faire sur cet ouvrage : clair et rigoureux.

Cette étude conduit naturellement aux extinctions dans les divers systèmes cristallins. Les parag. 234 et suivants relatifs aux macles, sont nouveaux et seront d'une utilité incontestable aux pétrographes.

Le chapitre XII complète les méthodes de M. de Fedorow ; il les met au clair et les rend utilisables.

Avec le chapitre XIII, nous arrivons à l'étude des cristaux en lumière convergente. La discussion mathématique des isogyres y est faite par la méthode nouvelle de M. Pearce. Notons dans le chapitre que l'application des formules générales des auteurs les conduit, pour une section parallèle au plan des axes optiques, à donner une nouvelle méthode de fixer la position de la bissectrice aigüe par le déplacement des branches hyperboliques des isogyres.

Nous avons ensuite l'étude de la mesure de l'angle des

axes optiques. Les appareils servant aux méthodes générales, directes et indirectes, sont minutieusement décrits. Les auteurs indiquent toutes les précautions à prendre pour obtenir de bons résultats selon la méthode employée.

Nous arrivons enfin à la détermination des indices de réfraction. Cette partie de l'optique, dans laquelle les auteurs sont passés maîtres, est traitée d'une remarquable façon. *Tous* les procédés sont examinés, et, celui par la réflexion totale en particulier, est étudié d'une façon magistrale. On verra que le réfractomètre de M. Pearce permet la mesure exacte des indices, même sur de petites sections engagées dans une coupe mince. En gros, cet instrument est un réfractomètre Pulfrisch-Klein, mais le système optique est tel que par un microscope, on peut centrer et voir l'image réelle d'un petit cristal, et, en changeant simplement de lentille, l'on obtient la vision à l'infini, ce qui permet l'observation du phénomène de la réflexion totale. Dans ce même chapitre le pétrographe verra avec plaisir l'exposé de méthodes pratiques, rapides et suffisantes pour la détermination de N, des minéraux en coupe mince.

Après un exposé convenable du pléochroïsme et de la polarisation rotatoire, nous arrivons au chapitre XX « La détermination des minéraux en coupe mince »

Aucun auteur ne s'était encore donné la peine de faire un exposé méthodique des différentes opérations optiques qu'il faut faire pour arriver à diagnostiquer un minéral en coupe mince. Les auteurs disent d'abord rapidement comment la coupe de roche se fait, puis ils étudient méthodiquement cette coupe sous le microscope. Disent comment on reconnaîtra le système cristallin d'une section, comment on reconnaîtra si la section est uniaxe ou biaxe. Ce qu'il faut faire en cas de macles, à quel moment et comment il faut utiliser les mesures de la biréfringence. Ils disent là où la lumière convergente est utile et là où elle doit être employée.

Il est surprenant de voir avec quelle précision la méthode conduit au but, et ceci sur des fragments infimes

sans détruire le minéral, simplement en utilisant à fond les propriétés optiques des cristaux, si bien établies dans les chapitres précédents. Les géologues pétrographes seront reconnaissants aux auteurs d'avoir écrit ce chapitre qui leur rendra de signalés services.

Le premier volume se termine par un exposé rapide de la photographie micrographique.

Un appendice relatif à la projection stéréographique permettra aux personnes peu familiarisées avec la géométrie descriptive, de pouvoir construire facilement elles-mêmes les courbes d'extinction des minéraux à l'étude. — Nous estimons cet appendice très utile.

En fermant le livre, nous avons eu le sentiment d'avoir lu une œuvre solide, durable et profondément scientifique. Un esprit rigoureux et clair a présidé à son établissement.

L'exposition limpide de questions difficiles, l'emploi judicieux des graphiques et avec cela une remarquable légèreté de style, font de cet ouvrage un modèle du genre.

Nous souhaitons vivement que ce traité de technique minéralogique et pétrographique de MM. Duparc et Pearce, devienne le vade mecum obligé et indispensable du minéralogiste comme du pétrographe. A. B.

CHIMIE

Travaux de chimie faits en Suisse.

E. Grandmougin. Action de l'hydrosulfite de soude sur les sels de diazonium ; 4me communication sur l'hydrosulfite. *(Berichte d. Deutsch. chem. Ges.,* T. 40, p. 422 ; Zurich, Polytechnicum.)

Lorsqu'on introduit en refroidissant et en remuant la solution du sulfate de diazonium provenant de 93 gr. d'aniline dans 250 gr. d'hydrosulfite de soude en suspension dans 250 cc. d'eau, il se forme divers produits.

L'auteur a retiré par distillation avec la vapeur d'eau de la *diazobenzène-imide* dont la quantité correspond à $^1/_4$ environ de l'aniline employée ; le résidu de la distillation

lui a fourni la *phénylbenzènesulfazide* $C^6H^5.NH.NH.SO^2.C^6H^5$ dont le point de fusion est à 164°,5 (au lieu de 148-150° indiqué par d'autres observateurs) ainsi que du *phénylhydrazine-sulfonate de soude* qui constitue le produit principal de la réaction (70 gr. environ).

On obtient les mêmes résultats avec le chlorure de diazonium. Lorsqu'on introduit la solution du sel de diazonium dans la solution chaude d'hydrosulfite, il y a dégagement d'*azote* et d'*acide sulfureux*, avec formation de *phénol* principalement.

St. von Kostanecki et V. Lampe. Scission du noyau oxygéné de la catéchine. (*Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. 40, p. 720; Berne 1907.)

Lorsqu'on réduit l'éther tétraméthylique de la catéchine avec du sodium métallique en solution alcoolique, on obtient une huile soluble dans les alcalis, qui donne avec le sulfate de méthyle un éther méthylique bien cristallisé : l'analyse de cet éther a montré que le produit de réduction renferme 1 atome d'oxygène de moins et 2 atomes d'hydrogène de plus que l'éther tétraméthylique de la catéchine.

En s'appuyant sur la formule de la catéchine proposée par les auteurs dans un mémoire antérieur, on peut s'expliquer cette réaction en supposant que le dérivé formé est le *2.4.6.3'.4'.pentaméthoxy-3-éthyldiphénylméthane;* l'hydroxyle alcoolique de l'éther tétraméthylé aurait été éliminé et le noyau cumaranique ouvert avec addition de deux atomes d'hydrogène. Voulant s'assurer que les benzhydrols peuvent être transformés, par l'action du sodium en solution alcoolique en diphénylméthanes, les auteurs ont réduit le benzhydrol par excellence et ont obtenu en effet d'une manière nette le diphénylméthane. En outre, l'éther triméthylique de la leuco-benzo-phloroglucine et l'éther pentaméthylique de la leucomaclurine ont aussi été transformées en *2.4.6.triméthoxydiphénylméthane* et en *2.4.6.3'.4'.pentaméthoxydiphénylméthane.*

Ce dernier dérivé renferme seulement un groupe éthyle de moins que l'éther pentaméthylique de la désoxy-hydrocatéchine (2.4.6.3'.4'.pentaméthoxy-3-éthyldiphénylméthane), ces deux composés se ressemblent à s'y méprendre, en sorte que le rapport entre la maclurine et la catéchine est rendu visible.

E. Grandmougin. Addition a la communication concernant l'action de l'hydrosulfite de soude sur les sels de diazonium. (*Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, t. 40 (1907), p. 858 ; Zurich, Polytechnicum).

Dans une note récente, l'auteur a montré que dans l'action de l'hydrosulfite de soude sur les sels acides de diazonium, il y a principalement réduction en composés hydraziniques qui donnent ensuite naissance par une réaction secondaire à la diazobenzène-imide et à la phénylbenzène-sulfazide. La coloration rouge que l'on observe est due sans doute à la formation d'un acide azobenzène-p-hydrazine-sulfonique rouge.

La substitution d'un groupe diazo par de l'hydrogène n'a pu être observée dans aucun cas.

L'auteur a constaté depuis que si l'on fait réagir les sels de diazonium sur l'hydrosulfite alcalin le groupe diazo est substitué par l'hydrogène et qu'il se forme, quoique avec un faible rendement, du benzène.

La solution alcaline d'hydrosulfite se comporte donc comme la solution alcaline stanneuse et son emploi facile présentera sans doute de l'intérêt.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1907

Le 1er, pluie pendant toute la journée.
2, pluie dans la nuit et jusqu'à 8 h. du matin; pluie à 7 h. du soir; fort vent pendant la journée.
5, fort vent dans la soirée; à 10 h. éclairs à l'E.; quelques gouttes de pluie.
6, pluie dans la nuit; fort vent pendant tout le jour; pluie à 10 h. du soir.
7, pluie le matin, jusqu'à 8 h.
8, pluie intermittente pendant tout le jour.
9, forte bise dans la journée.
11, depuis 9 h. du matin, très forte bise pendant tout le jour.
12, forte bise durant toute la journée.
14, forte rosée le matin; très forte bise pendant le jour.
15, rosée le matin et forte bise pendant toute la journée.
18, forte rosée le matin; le soir lueurs crépusculaires très intenses.
19 et 20, forte rosée le matin.
24, légère pluie dans la nuit, quelques gouttes à 2 h. du soir.
25, légère pluie à 10 h. du matin, pluie depuis 2 h. 40 m. du soir; à 3 h. orage sur le Jura, à l'W. allant au N.; éclairs et tonnerres.
27 et 29, forte rosée le matin.
30, fort vent le matin, jusqu'à 2 h. h. du soir, ensuite pluie; à 2 h. 30 m. tonnerre à l'W.

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	20.4	21.7	22.7	**21.25**	**− 6.11**	**19.2**	22.7	N. 1	N. 1	NW. 1	N. 1	**3.3**	10	10	10	10	....	**13.2**	8
2	22.0	21.3	28.1	24.30	− 3.09	21.2	28.6	S. 1	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	8.1	10	10	10	10	....	1.7	7
3	27.9	27.2	27.6	27.51	+ 0.10	26.3	28.6	N. 1	WSW. 1	SW. 1	var.	3.5	9	8	1	5	8.2	....	....
4	28.5	27.5	27.8	27.83	+ 0.39	26.7	28.7	N. 1	SW. 2	SE. 1	var.	6.1	6	1	0	2	10.8	....	....
5	30.0	28.5	29.9	28.93	+ 1.47	27.5	30.5	NW. 1	NW. 1	SSW. 2	SSW. 1	6.6	6	1	5	5	11.2	2.8	4
6	30.8	30.4	29.9	30.12	+ 2.63	29.5	30.9	NW. 1	SSW. 2	WSW. 1	SSW. 1	6.9	10	7	10	8	3.7	3.2	6
7	29.5	27.5	25.3	27.60	+ 0.09	24.5	29.8	S. 0	N. 1	N. 1	var.	6.1	10	5	9	6	8.9	3.1	1
8	25.0	25.8	29.4	26.14	− 1.40	24.3	29.1	S. 1	S. 1	SSW. 1	var.	1.0	10	8	10	10	1.7	11.4	**10**
9	31.8	31.8	32.0	31.62	+ 3.86	29.5	32.9	S. 0	NNE. 2	S. 0	NNE. 1	5.2	1	3	9	5	11.0	....	....
10	33.3	32.6	33.2	32.95	+ 5.37	32.6	33.4	SW. 0	WSW. 2	S. 0	var.	4.0	10	6	4	8	8.1	....	....
11	34.1	34.1	34.4	**34.00**	**+ 6.40**	33.4	**34.7**	SSW. 1	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	15.6	3	3	1	2	11.7	....	....
12	34.1	33.0	32.9	33.41	+ 5.78	32.4	34.6	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 2	**20.8**	3	1	0	1	12.6	....	....
13	32.9	32.0	32.1	32.31	+ 4.66	31.5	32.9	S. 0	N. 2	NE. 1	NNE. 1	8.3	0	7	0	5	8.7	....	....
14	32.2	31.2	30.1	31.19	+ 3.52	29.7	32.3	N. 1	NNE. 4	NNE. 1	NNE. 1	12.4	0	5	0	3	12.0	....	....
15	29.7	28.5	29.7	29.11	+ 1.42	27.8	29.8	NNE. 1	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	20.0	1	7	2	3	11.3	....	....
16	29.6	29.4	28.7	29.16	+ 1.45	28.3	29.8	NE. 1	NNE. 1	N. 0	NNE. 1	8.5	4	1	1	3	11.6	....	....
17	28.8	27.6	26.1	27.57	− 0.16	25.6	28.9	N. 1	N. 1	W. 0	N. 1	1.5	0	1	0	1	11.8	....	....
18	26.1	25.3	25.9	25.68	− 2.06	24.7	26.2	SW. 0	N. 1	NE. 1	N. 1	6.3	0	1	0	1	10.9	....	....
19	27.0	26.3	27.2	26.57	− 1.19	25.9	27.7	N. 1	N. 1	N. 1	N. 1	5.2	0	0	0	1	12.2	....	....
20	28.6	28.1	27.3	27.86	+ 0.08	27.0	28.7	S. 0	NNE. 1	N. 0	N. 1	1.3	0	6	0	3	11.7	....	....
21	27.1	25.7	25.5	26.18	− 1.61	25.0	27.1	S. 0	N. 1	NE. 1	N. 1	1.1	5	9	7	6	6.8	....	....
22	25.9	25.2	25.4	25.45	− 2.36	24.6	25.9	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	1.3	9	8	0	5	8.5	....	....
23	25.5	24.6	24.3	24.86	− 2.96	23.6	25.8	N. 1	N. 2	S. 0	var.	1.1	4	5	10	6	9.3	....	....
24	24.4	24.2	23.8	24.19	− 3.65	23.6	24.6	NE. 0	N. 1	N. 1	var.	5.6	7	10	10	9	1.8	....	....
25	23.2	22.7	24.9	23.70	− 4.15	22.4	25.2	N. 1	SE. 1	SW. 1	SSW. 1	3.1	7	7	10	9	2.7	8.9	6
26	25.1	25.3	27.9	25.91	− 1.95	25.1	28.4	S. 1	ENE. 1	S. 0	NNE. 1	1.0	10	7	10	8	5.8	....	....
27	29.3	29.2	30.3	29.27	+ 1.40	28.5	30.4	S. 0	N. 1	E. 0	N. 1	1.3	0	2	0	2	12.2	....	....
28	31.4	31.0	30.4	30.79	+ 2.90	29.9	31.5	S. 0	NNE. 1	N. 1	N. 1	3.7	0	1	0	0	12.4	....	....
29	30.3	28.4	26.7	28.62	+ 0.72	26.1	30.5	S. 0	SSW. 1	S. 0	SSW. 1	4.1	0	2	0	1	**12.9**	....	....
30	24.1	25.1	26.1	25.10	− 2.51	24.2	26.5	SSW. 2	WNW 2	S. 1	SSW. 1	7.1	10	10	4	9	2.2	2.7	2
31	27.0	26.8	27.3	26.89	− 1.03	26.4	27.4	SE. 1	N. 2	N. 1	N. 1	3.7	8	6	1	4	9.5	....	....
Mois	28.25	27.77	28.16	27.95	+ 0.30							6.73	4.9	5.1	4.0	4.9	262.5	50.0	17

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+13.2	+13.8	+12.2	+14.02	− 4.20	+11.8	+16.0	97	82	98	**94**	**+25**	74	100	16.0	− 0.9	1595
2	11.7	12.7	9.2	**11.37**	**− 6.91**	8.5	13.8	84	76	84	86	+17	70	100	16.0	− 1.0	1625
3	9.7	16.9	12.6	13.01	− 5.30	8.2	19.0	80	50	73	69	0	42	98	16.6	− 0.5	1690
4	12.7	22.3	18.0	16.55	− 1.85	8.8	25.0	72	36	61	62	− 7	30	88	16.5	− 0.7	1685
5	16.8	23.0	19.7	18.89	+ 0.44	11.2	26.7	66	38	62	59	−10	35	85	11.4	− 5.8	1665
6	14.9	21.6	16.4	17.00	− 1.50	13.7	21.7	90	75	67	80	+11	52	95	11.9	− 5.4	1710
7	13.6	17.6	16.7	15.60	− 2.94	12.0	20.0	86	42	67	73	+ 5	42	97	....	.....	1630
8	13.0	18.0	12.0	14.55	− 4.04	10.9	20.3	90	60	93	87	+19	55	100	15.0	− 2.5	1620
9	13.0	17.3	16.0	14.84	− 3.79	10.0	20.0	81	47	70	68	0	38	100	15.2	− 2.4	1645
10	15.2	20.0	14.4	16.76	− 1.91	12.0	22.9	76	48	82	65	− 3	40	85	15.0	− 2.6	1600
11	11.8	17.2	13.0	15.10	− 3.30	12.8	18.7	61	42	68	56	−12	37	85	15.4	− 2.3	1580
12	12.0	17.4	14.2	14.39	− 4.34	9.3	19.3	66	34	58	**55**	**−13**	24	80	15.7	− 2.1	1585
13	12.8	17.9	14.6	14.51	− 4.22	**8.1**	20.0	75	46	66	63	− 5	40	85	16.0	− 1.9	1517
14	13.2	19.6	16.5	15.56	− 3.23	8.7	21.5	73	41	64	68	0	30	98	....	.....	1490
15	15.0	22.8	17.0	17.18	− 1.63	10.8	23.9	71	38	71	67	− 1	32	96	16.5	− 1.5	1450
16	15.0	20.8	17.9	17.57	− 1.26	12.5	22.7	76	51	80	67	− 1	44	86	15.2	− 2.8	1415
17	16.1	22.0	19.7	18.76	− 0.09	12.0	24.9	71	49	67	65	− 3	40	90	15.0	− 3.1	1411
18	16.0	22.0	19.0	18.45	− 0.42	12.6	21.0	79	59	64	71	+ 3	55	88	15.3	− 2.8	1382
19	16.8	23.1	19.6	19.14	+ 0.26	12.1	25.7	80	48	68	64	− 4	42	80	15.7	− 2.5	1375
20	15.6	22.2	20.0	18.65	− 0.24	11.9	25.5	75	44	70	63	− 5	**20**	92	16.0	− 2.3	1380
21	15.1	22.7	20.0	18.58	− 0.31	11.3	24.7	76	49	56	65	− 3	29	94	....	.....	1330
22	15.6	21.8	18.2	18.21	− 0.69	12.7	24.8	76	38	70	65	− 3	35	90	18.5	+ 0.1	1330
23	14.2	22.4	20.4	18.80	− 0.10	10.7	28.1	75	51	63	62	− 6	24	94	19.0	+ 0.6	1340
24	19.8	22.8	20.3	21.35	+ 2.46	16.9	26.1	71	61	80	68	0	52	85	18.7	+ 0.3	1320
25	17.8	26.9	15.4	19.32	+ 0.43	14.7	27.8	84	50	98	80	+12	45	100	18.8	+ 0.3	1307
26	15.2	22.8	19.0	18.65	− 0.23	14.0	25.0	98	55	81	81	+13	50	100	18.5	0.0	1362
27	18.0	22.1	20.8	19.95	+ 1.08	15.0	25.0	80	56	65	66	− 2	38	85	19.0	+ 0.4	1300
28	17.6	23.9	21.4	20.18	+ 1.33	13.2	25.5	76	54	73	70	+ 2	49	92	....	.....	1310
29	19.3	28.6	23.6	**22.93**	**+ 4.09**	14.8	**31.3**	81	41	55	60	− 8	22	97	19.0	+ 0.4	1310
30	23.4	21.8	17.8	20.74	+ 1.92	14.7	27.5	18	59	66	65	− 3	45	90	18.8	+ 0.1	1280
31	+15.0	+19.8	+16.0	+16.58	− 2.21	+11.9	+23.0	73	41	59	61	− 7	32	85	16.9	− 1.8	1305
Mois	+15.23	+20.78	+17.15	+17.34	− 1.47	+11.86	+23.21	77	50	71	69	+ 1			16.36	− 1.73	1467

MOYENNES DE GENÈVE. — JUILLET 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	27.49	27.27	27.90	27.99	27.73	27.54	28.00	28.68	27.82
2e »	30.08	30.11	30.30	30.11	29.54	28.91	28.92	29.51	29.69
3e »	26.75	26.75	26.62	26.65	26.20	25.90	26.16	26.70	26.48
Mois	28.06	28.00	28.25	28.20	27.77	27.40	27.65	28.24	27.95

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+13.17	+12.02	+13.38	+16.07	+18.32	+18.50	+16.56	+14.08	+15.26
2e »	13.91	11.77	14.73	17.33	20.50	21.48	19.61	16.38	16.96
3e »	16.31	14.69	17.36	21.39	23.26	23.60	21.45	18.50	19.57
Mois	+14.52	+12.89	+15.23	+18.36	+20.78	+21.27	+19.28	+16.39	+17.34

Fraction de saturation en %.

1re décade	91	91	82	68	55	58	69	80	74
2e »	78	85	73	60	45	42	56	73	64
3e »	82	87	76	61	50	49	60	75	68
Mois	84	88	77	63	50	50	61	76	69

Dans ce mois l'air a été calme 172 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{138}{48} = 2.87$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

		mm
Pression atmosphérique		728.06
Nébulosité		4.7
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+17°.72
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+17°.58
Fraction de saturation		65 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér.	(1836-1875)	727.65
Nébulosité	(1847-1875)	4.4
Hauteur de pluie	(1826-1875)	70mm.8
Nombre de jours de pluie	(id.)	9
Température moyenne	(id.)	+18°.81
Fraction de saturat.	(1849-1875)	68 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	29.1	44.6	45.4	49.0	48.7	44.8	61.4

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	59.7	50.0	48.1	45.0	53.0	45.1

Durée totale de l'insolation à Jussy : 273h.9.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE JUILLET 1907

Le 1er, brouillard pendant toute la journée avec très fort vent.
2, neige le matin et le soir.
3, brouillard le matin.
5, brouillard le matin.
6, pluie le matin, brouillard le soir.
8, brouillard le matin; chute de grêle à 1 h. 30 m. du soir; tonnerre; couche de grêle : 8cm, puis neige jusqu'à la nuit.
9, **dégel complet du lac**.
10, brouillard le soir.
11, brouillard le matin et le soir.
12, brouillard le soir.
14, 15 et 16, brouillard le soir.
18, brouillard le soir.
21, forte bise pendant le jour; brouillard le soir.
25, pluie l'après-midi et brouillard ensuite.
26, brouillard toute la journée.
27, brouillard le matin et le soir.
30, depuis 2 h. du soir, quelques coups de tonnerre; pluie dans la soirée.
31, brouillard le matin et le soir.

GRAND SAINT-BERNARD — JUILLET 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	62.5	62.6	62.2	62.4	− 5.5	61.9	62.7	SW. 2	SW. 4	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	67.2	35
2	60.3	61.9	63.1	**61.8**	− **6.1**	**60.2**	63.1	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	9	10	10	2.0	1
3	62.5	64.5	66.2	64.4	− 3.6	61.8	66.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	3	0	4	....	....
4	69.3	69.5	70.5	69.8	+ 1.8	69.0	70.8	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	3	8	4	....	....
5	71.2	71.1	71.0	71.1	+ 3.0	70.9	71.4	SW. 4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	2	2	5	....	....
6	70.2	69.6	69.0	69.6	+ 1.5	69.0	70.4	SW. 1	SW 1	SW. 1	SW. 1	10	7	10	9	3.0	....
7	67.2	66.8	66.2	66.7	− 1.5	66.0	67.4	NE. 1	NE. 1	SW. 2	NE. 1	9	2	2	4	....	....
8	64.1	64.7	66.2	65.1	− 3.1	64.3	66.5	SW. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	19.5	11
9	67.8	69.9	71.1	69.6	+ 1.3	67.4	71.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	1	0	4	....	....
10	71.0	71.4	71.6	71.3	+ 3.0	71.0	71.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	10	5	....	....
11	70.2	70.1	70.2	70.3	+ 2.0	70.1	70.6	NE. 1	NE. 1	NE. 2	NE. 1	10	4	10	8	0.3	....
12	69.4	69.8	70.3	69.8	+ 1.4	69.3	70.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	3	1	10	5	....	....
13	69.3	69.2	69.5	69.3	+ 0.9	69.2	69.8	NE. 1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	0	8	10	6	....	....
14	68.3	69.8	69.5	69.2	+ 0.7	68.0	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	5	4	10	6	....	....
15	68.5	69.2	69.3	69.0	+ 0.5	68.2	69.4	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	2	1	10	4	....	....
16	69.7	70.0	70.0	69.9	+ 1.3	69.5	70.1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	2	10	7	....	....
17	69.2	69.3	68.8	69.1	+ 0.5	68.6	69.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	4	2	....	....
18	67.6	67.6	68.2	67.8	− 0.8	67.1	68.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	9	1	10	7	....	....
19	68.2	68.9	69.4	68.8	+ 0.2	68.0	69.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
20	69.4	69.7	69.8	69.6	+ 0.9	69.2	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	0	1	0	0	....	....
21	68.4	68.0	67.5	68.0	− 0.7	67.3	68.5	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	2	6	10	6	....	....
22	67.7	67.6	67.8	67.7	− 1.0	67.5	68.0	NE. 2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	8	6	1	5	....	....
23	67.1	67.1	67.6	67.3	− 1.4	67.0	67.8	NE. 2	NE 1	NE. 2	NE. 2	3	8	4	5	2.0	....
24	67.5	68.0	68.2	67.9	− 0.9	67.5	68.4	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	8	7	5	7	....	....
25	66.7	67.2	66.4	66.8	− 2.0	66.2	67.3	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	10	10	10	10	31.2	....
26	65.9	67.1	69.0	67.3	− 1.5	65.9	69.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	10	10	10	3.1	....
27	69.0	70.4	71.7	70.4	+ 1.6	69.0	72.0	NE 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	2	10	7	....	....
28	72.4	73.3	73.7	**73.1**	+ **4.3**	72.0	**73.9**	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	4	0	1	....	....
29	72.6	72.0	71.6	72.1	+ 3.2	71.4	73.0	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	0	3	0	1	....	....
30	68.7	67.4	66.4	67.5	− 1.1	66.0	69.1	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW. 1	5	10	10	8	....	....
31	66.0	66.1	66.7	66.3	− 2.6	65.8	67.0	NE. 2	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	10	8	..	....
Mois	68.01	68.39	68.67	68.35	− 0.13							6.0	4.7	6.6	5.7	158.6	47

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 4.2	+ 5.6	+ 5.2	+ 5.0	− 0.4	+ 0.4	+ 5.8	100	100	100	100	25	100
2	0.0	3.6	− 2.6	**0.3**	− **5.2**	− 3.5	5.2	100	66	95	87	60	100
3	− 2.7	2.6	+ 3.2	1.0	− 4.5	− **4.2**	5.5	100	71	65	79	45	100
4	+ 1.4	5.2	3.6	3.4	− 2.2	+ 0.2	6.3	55	66	95	72	50	96
5	2.4	7.4	6.0	5.3	− 0.3	1.2	10.0	92	62	90	81	52	95
6	5.0	5.8	2.8	4.5	− 1.2	1.3	7.4	66	72	92	77	55	92
7	1.2	7.0	+ 5.4	4.5	− 1.2	+ 0.3	7.6	92	68	72	77	62	95
8	+ 2.8	2.1	− 0.8	1.5	− 4.3	− 1.2	5.0	98	95	98	97	70	100
9	− 0.8	1.0	+ 3.4	2.2	− 3.7	− 2.0	6.3	99	72	88	86	62	100
10	+ 5.0	8.6	+ 3.8	5.8	− 0.1	+ 3.5	10.2	48	73	96	72	40	96
11	+ 1.2	3.0	− 0.2	1.3	− 4.6	− 1.0	3.0	99	82	100	94	56	100
12	− 1.2	3.8	+ 0.4	1.0	− 5.0	− 2.4	5.2	94	57	92	81	41	100
13	+ 0.7	3.2	− 0.2	1.2	− 4.8	− 1.0	3.3	70	73	100	81	63	100
14	− 0.2	5.8	+ 3.2	2.9	− 3.2	− 1.6	5.8	88	52	98	79	45	100
15	+ 3.0	8.2	5.0	5.4	− 0.7	+ 1.0	9.3	76	66	96	79	60	96
16	4.6	9.4	6.0	6.7	+ 0.6	3.2	10.4	93	57	100	83	52	100
17	5.2	11.2	6.6	7.7	+ 1.5	4.0	11.4	77	50	90	72	50	92
18	5.8	11.2	7.0	8.0	+ 1.8	5.0	11.8	90	50	95	78	45	95
19	7.2	12.3	7.2	8.9	+ 2.7	5.0	12.8	46	52	81	60	32	84
20	6.6	11.6	6.6	8.3	+ 2.0	5.0	12.2	86	36	70	64	**27**	86
21	6.2	11.4	5.8	7.8	+ 1.5	4.8	11.6	75	52	96	74	37	98
22	4.4	9.2	5.2	6.3	0.0	4.0	10.0	94	54	68	72	40	95
23	5.4	10.7	8.0	8.0	+ 1.7	3.0	11.4	63	48	54	55	31	80
24	7.6	12.2	8.0	9.3	+ 3.0	5.2	12.2	74	52	76	67	45	80
25	7.2	4.2	5.0	5.5	− 0.9	2.4	7.3	76	74	97	82	65	100
26	4.4	5.8	4.6	4.9	− 1.5	3.8	6.6	100	99	96	98	82	100
27	4.4	10.3	7.0	7.2	+ 0.8	4.0	10.8	97	70	97	88	58	100
28	7.9	13.2	9.0	10.0	+ 3.6	6.0	13.5	64	60	84	69	40	85
29	8.6	14.6	11.0	**11.4**	+ **5.0**	7.5	**15.2**	70	42	38	**50**	28	75
30	10.4	11.0	4.3	8.6	+ 2.2	3.0	11.4	68	60	97	75	42	100
31	+ 0.8	+ 6.0	+ 2.4	+ 3.1	− 3.3	+ 0.4	+ 7.0	96	64	90	83	55	100
Mois	+ 3.83	+ 7.76	+ 4.58	+ 5.39	− 0.77	+ 1.85	+ 8.76	82	61	87	78		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JUILLET 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + / **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	66.64	67.20	67.71	67.18	85	74	89	83
2e »	68.98	69.39	69.50	69.28	82	57	92	77
3e »	68.36	68.56	68.78	67.58	80	61	81	74
Mois	68.01	68.39	68.67	68.35	82	64	87	78

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 1.85	+ 5.22	+ 3.00	+ 3.35	+ 3.27
2e »	3.29	7.97	4.16	5.14	4.89
3e »	6.12	9.87	6.39	7.46	7.19
Mois	+ 3.83	+ 7.76	+ 4.58	+ 5.39	+ 5.19

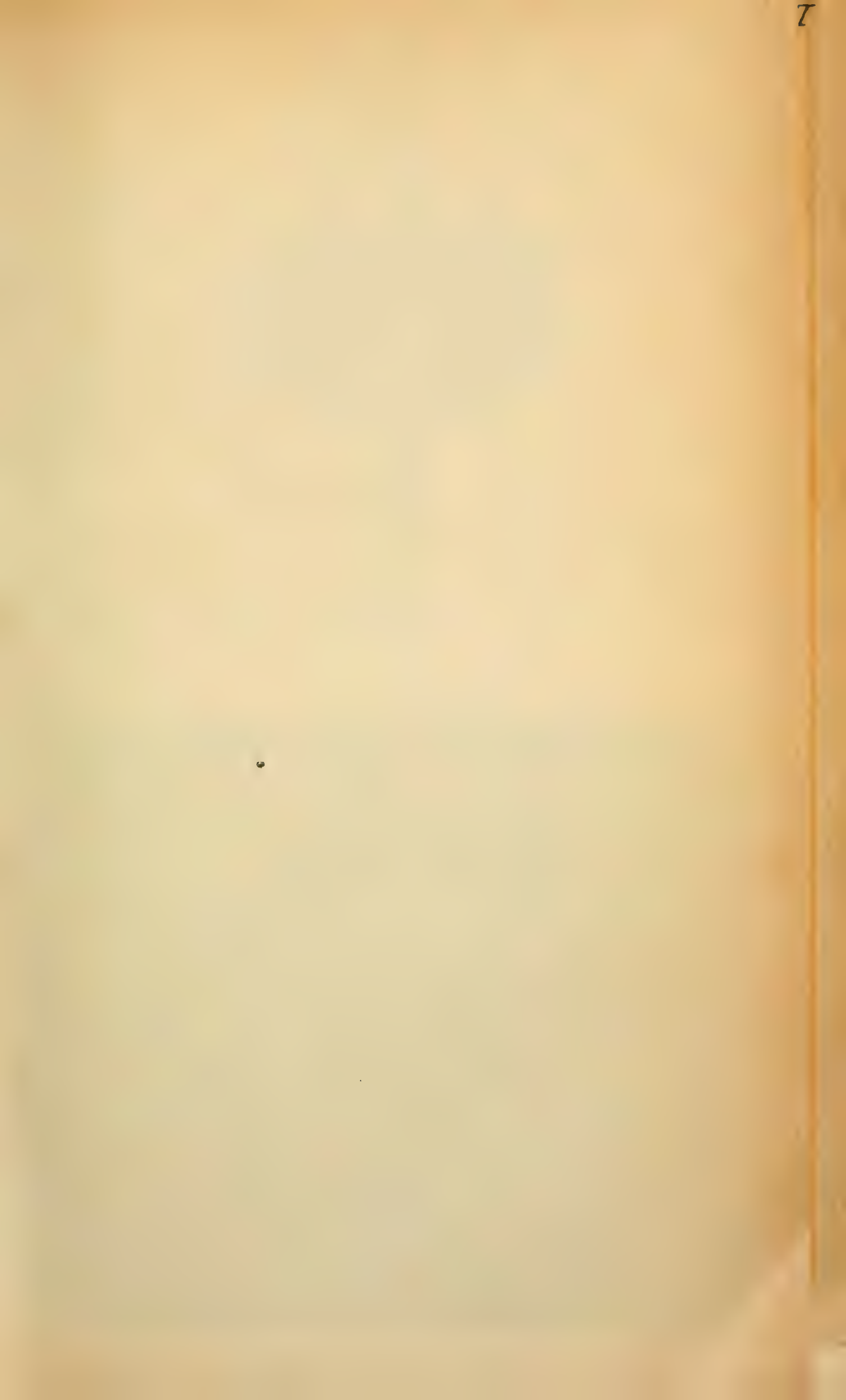
Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{99}{35} = 2.83.$

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	54.8	87.3	97.3	158.6
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	47cm

$\gamma - 0.2$



$\gamma = 0.03$

$\gamma = -0.05$

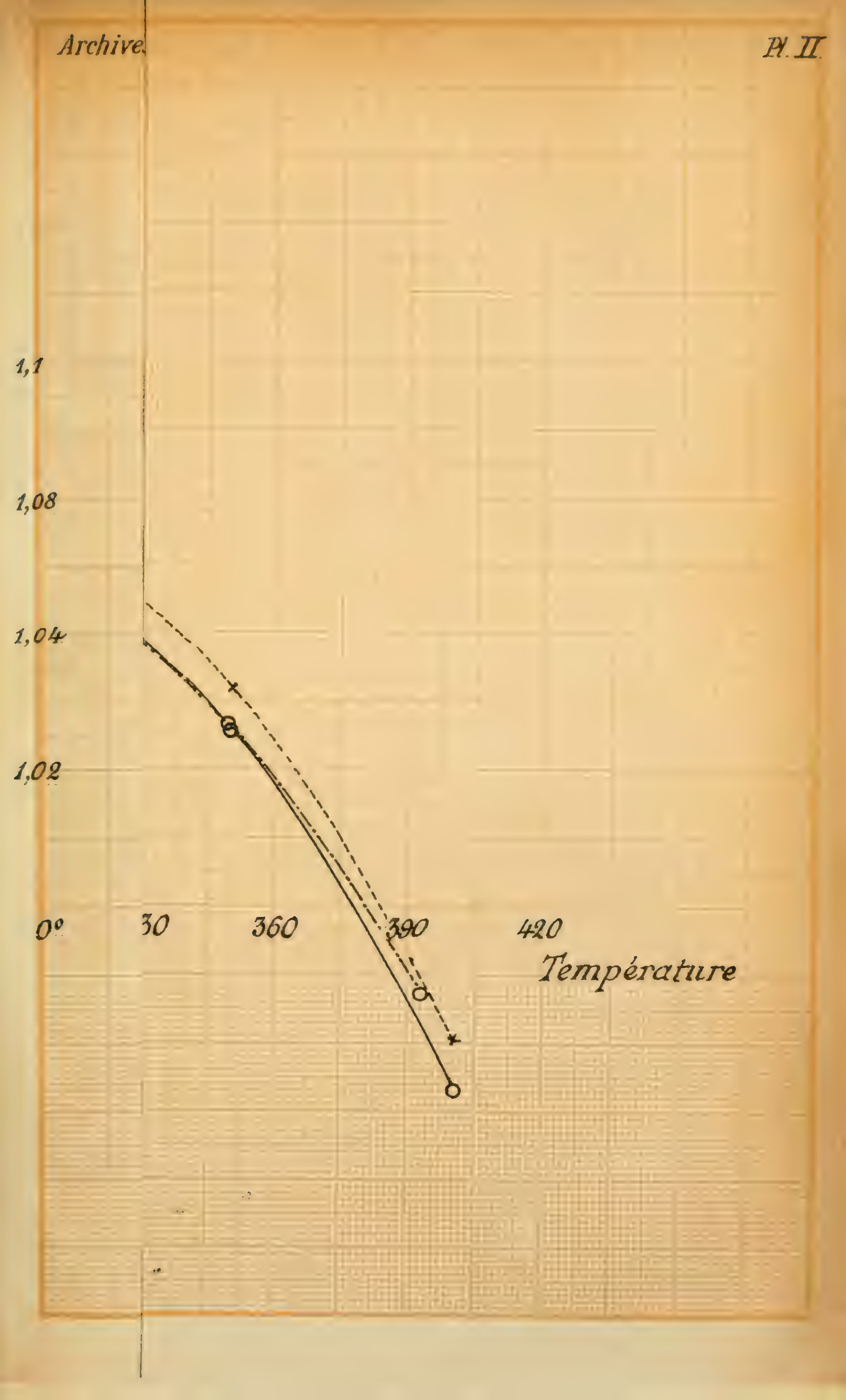
$\gamma = - 0.5$

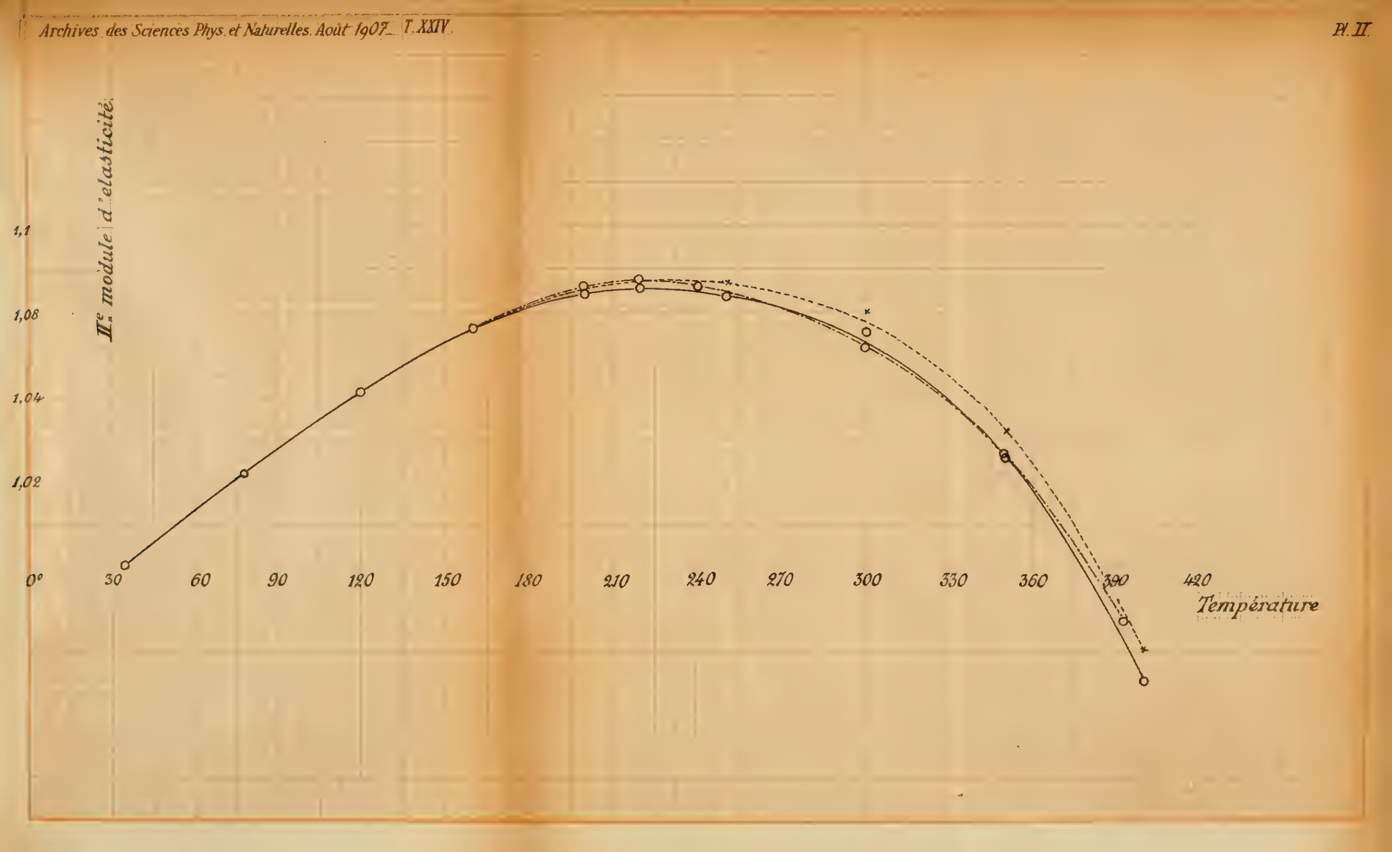
$\gamma = -0.97$

$\gamma = -1.016$

Carl Störmer : Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace.




Archive
Pl. II.
1,1
1,08
1,04
1,02
0°
30
360
390
420
Température


IIe. module d'élasticité
1,1
1,08
1,04
1,02
0°
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
390
420
Température

SUR LES TRAJECTOIRES

DES

CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

SOUS

L'ACTION DU MAGNÉTISME TERRESTRE

AVEC APPLICATION AUX AURORES BORÉALES

PAR

Carl STÖRMER

Professeur à l'Université de Christiania

(*Suite* [1])

(avec la planche III)

CHAPITRE III

SUR LES RÉSULTATS DES INTÉGRATIONS NUMÉRIQUES

13. *Sur la méthode d'intégration numérique employée ici.*

Comme je l'ai déjà fait remarquer dans mon mémoire de 1904, il n'est nullement indispensable pour les applications physiques d'intégrer complètement les équations différentielles (III). En effet, il existe déjà des méthodes puissantes à l'aide desquelles on peut

[1] Voir *Archives*, juillet 1907, t. XXIV, p. 5; août, p. 113.

calculer numériquement une courbe intégrale quelconque avec autant d'approximation qu'on veut, seulement il faut avoir assez de temps et de patience, car les calculs sont d'une extrême longueur :

Ce sont les méthodes d'intégration numérique, méthodes souvent employées dans l'astronomie pour calculer les perturbations et qui devraient être employées par les physiciens mathématiques beaucoup plus qu'elles ne l'ont été jusqu'ici.

Pendant plus de trois ans, j'ai entrepris de pareils calculs, aidé par une série d'étudiants en mathématiques. Nous avons d'abord suivi la méthode proposée par *H.-G. Darwin*[1] dans ses calculs des mouvements « des trois corps » ; cependant pour notre but, cette méthode n'était pas assez pratique et j'ai simplifié ensuite considérablement le calcul en introduisant des procédés analogues à ceux employés dans la théorie des perturbations[2].

En tout nous avons calculé plus de 120 trajectoires différentes, travail immense qui a exigé plus de 4500 heures. La majeure partie de la dépense a été fournie par « la fondation de Fritjof Nansen pour l'avancement de la science. »

Nous allons donner un court résumé du mécanisme de ces calculs, sans entrer dans trop de détails ; dans un mémoire subséquent, j'espère pouvoir exposer complètement le procédé et les résultats des calculs.

Comme la méthode employée, ainsi que la plupart des méthodes d'intégration numérique, repose sur la

[1] Voir : Periodic Orbits, Acta mathematica. Tome 21, page 124.

[2] Voir par exemple Oppolzer : Lehrbuch zur Bahnbestimmung der Kometen und Planeten.

remarque que les variables dépendantes peuvent être développées en séries convergentes d'après les puissances de l'accroissement de la variable indépendante, il est clair qu'on doit choisir une variable indépendante telle que ces séries soient convergentes dans un domaine aussi grand que possible.

Dans le cas actuel, il est facile de voir qu'*on doit choisir l'arc s comme variable indépendante*, comme nous l'avons aussi fait dans ce qui précède.

En effet, considérons les équations III :

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d^2x}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[3yz\,\frac{dz}{ds} - (3z^2\text{-}r^2)\,\frac{dy}{ds}\right] \\
\frac{d^2y}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[(3z^2\text{-}r^2)\,\frac{dx}{ds} - 3xz\,\frac{dz}{ds}\right] \\
\frac{d^2z}{ds^2} &= \frac{1}{r^5}\left[3xz\,\frac{dy}{ds} - 3yz\,\frac{dx}{ds}\right]
\end{aligned}\right\}\quad \text{(III)}$$

Ici, les seconds membres sont des fonctions analytiques de

$$x,\ y,\ z,\ \frac{dx}{ds},\ \frac{dy}{ds}\ \text{et}\ \frac{dz}{ds}$$

régulières pour tous les systèmes de ces quantités, excepté pour

$$x = 0, \quad y = 0, \quad z = 0$$

c'est-à-dire pour l'origine.

Considérons une trajectoire *réelle* correspondant aux conditions initiales pour $s = s_0$:

$$x = x_0,\ y = y_0,\ z = z_0,\ \frac{dx}{ds} = x_0',\ \frac{dy}{ds} = y_0',\ \frac{dz}{ds} = z_0'$$

où le point (x_0, y_0, z_0) est différent de l'origine et où

$$x_0'^2 + y_0'^2 + z_0'^2 = 1$$

D'après la théorie analytique des équations différentielles [1], il existe alors une intégrale réelle :

$$x = x(s), \quad y = y(s), \quad z = z(s)$$

satisfaisant aux conditions initiales et où $x(s)$, $y(s)$ et $z(s)$ sont des fonctions analytiques de s, régulières aux environs du point (x_0, y_0, z_0).

Par prolongement analytique on en déduit [1], les seconds membres des équations (III) étant réguliers partout excepté à l'origine, que les fonctions $x(s)$, $y(s)$ et $z(s)$ resteront des fonctions régulières de s quand s varie, pourvu que le point correspondant (x, y, z) n'arrive pas à l'origine.

Si l'on considère, au lieu de x, y et z les variables R et z, on en déduit, vu que $R = \sqrt{x^2 + y^2}$, que le long d'une courbe intégrale du système (VII), R et z seront des fonctions analytiques de s, régulières partout sauf à l'origine et sur l'axe des z; si donc γ n'est pas nul, elles seront régulières partout le long de la courbe intégrale réelle excepté à l'origine ; en effet, l'axe des z ne fait alors pas partie de la région q_γ contenant la courbe intégrale.

Donc, aux environs de chaque point (R_0, z_0) différent de l'origine, on a, si γ n'est pas nul :

$$R = R_0 + R_0' \Delta s + \frac{R_0''}{1.2} (\Delta s)^2 + \dots + \frac{R_0^{(n)}}{1.2.3\dots n} (\Delta s)^n + \dots$$

$$z = z_0 + z'_0 \Delta s + \frac{z_0''}{1.2} (\Delta s)^2 + \dots + \frac{z^{(n)}}{1.2.3\dots n} (\Delta s)^n + \dots$$

où $\Delta s = s - s_0$, s_0 étant le valeur qui correspondant au point (R_0, z_0), et ces séries sont alors *convergentes pour Δs assez petit.*

[1]) Voir par exemple Camille Jordan : Cours d'Analyse de l'Ecole polytechnique. Tome III, n° 77-87 (Paris 1887).

L'avantage qu'il y à prendre s comme variable indépendante est donc évident.

Cela posé, pour indiquer que R et z sont des fonctions de s posons

$$R = R(s), \quad z = z(s)$$

et considérons une série de valeurs équidistantes de s :

$$s_\lambda = s_0 + \lambda \Delta s$$

où $\lambda = \ldots \quad n - 2,\ n - 1,\ n,\ n - 1,\ n + 2, \ldots$
avec les valeurs correspondantes

$$R_\lambda = R\,(s_\lambda)$$
$$z_\lambda = z\,(s_\lambda)$$

de R et de z.

Posons de plus, pour abréger :

$$\Delta\, R_\lambda = R_{\lambda+1} - R_\lambda$$
$$\Delta^2 R_\lambda = \Delta R_{\lambda+1} - \Delta R_\lambda$$

et

$$\rho_\lambda = R''\,(s_\lambda) . (\Delta s)^2$$
$$\Delta\, \rho_\lambda = \rho_{\lambda+1} - \rho_\lambda$$
$$\Delta^2 \rho_\lambda = \Delta \rho_{\lambda+1} - \Delta \rho_\lambda$$
$$\Delta^3 \rho_\lambda = \Delta^2 \rho_{\lambda+1} - \Delta^2 \rho_\lambda$$

et

$$\Delta^4 \rho_\lambda = \Delta^3 \rho_{\lambda+1} - \Delta^3 \rho_\lambda$$

Avec ces quantités, formons le tableau suivant :

s_{n-2}	R_{n-2}		$\Delta^2 R_{n-3}$	ρ_{n-2}		$\Delta^2 \rho_{n-3}$		$\Delta^4 \rho_{n-4}$
		ΔR_{n-2}			$\Delta \rho_{n-2}$		$\Delta^3 \rho_{n-3}$	
s_{n-1}	R_{n-1}		$\Delta^2 R_{n-2}$	ρ_{n-1}		$\Delta^2 \rho_{n-2}$		$\Delta^4 \rho_{n-3}$
		ΔR_{n-1}			$\Delta \rho_{n-1}$		$\Delta^3 \rho_{n-2}$	
s_n	R_n		$\Delta^2 R_{n-1}$	ρ_n		$\Delta^2 \rho_{n-1}$		$\Delta^4 \rho_{n-2}$
		ΔR_n			$\Delta \rho_n$		$\Delta^3 \rho_{n-1}$	
s_{n+1}	R_{n+1}		$\Delta^2 R_n$	ρ_{n+1}		$\Delta^2 \rho_n$		$\Delta^4 \rho_{n-1}$
		ΔR_{n+1}			$\Delta \rho_{n+1}$		$\Delta^3 \rho_n$	
s_{n+2}	R_{n+2}		$\Delta^2 R_{n+1}$	ρ_{n+2}		$\Delta^2 \rho_{n+1}$		$\Delta^4 \rho_n$

et cherchons à exprimer les dérivées de R, pour $s = s_n$ à l'aide des quantités portées au tableau.

Nous avons :

$$\Delta R_n = R_{n+1} - R_n = R(s_n + \Delta s) - R(s_n)$$
$$\Delta R_{-1} = R_n - R_{n-1} = R(s_n) - R(s_n - \Delta s)$$

Donc, pour Δs assez petit :

$$\frac{\Delta R_n + \Delta R_{n-1}}{2} = \frac{1}{2}\left[R(s_n + \Delta s) - R(s_n - \Delta s)\right] =$$

$$= R_n' \Delta s + \frac{R_n'''}{1.2.3} (\Delta s)^3 + \frac{R_n^{(5)}}{1.2.3.4.5} (\Delta s)^5 + \ldots$$

c'est-à-dire qu'en introduisant ρ_n et ses dérivées

$$\frac{\Delta R_n + \Delta R_{n-1}}{2} = R_n' \Delta s + \frac{\rho_n'}{1.2.3} \Delta s + \frac{\rho_n'''}{1.2.3.4.5} (\Delta s)^3 + \ldots$$

De la même manière, en considérant ρ_n au lieu de R_n, on aura

$$\frac{\Delta \rho_n + \Delta \rho_{n-1}}{2} = \rho_n' . \Delta s + \frac{\rho_n'''}{1.2.3} (\Delta s)^3 + \ldots$$

En éliminant ρ_n entre ces dernières équations, il vient :

$$R_n' \Delta s = \frac{\Delta R_n + \Delta R_{n-1}}{2} - \frac{\Delta \rho_n + \Delta \rho_{n-1}}{12} + \frac{7}{360} \rho_n''' . (\Delta s)^3 + \ldots$$

et comme $R_n'''(\Delta s)^3 = \rho_n'\Delta s$, on aura comme pour $R_n'\Delta s$:

$$R_n'''(\Delta s)^3 = \frac{\Delta\rho_n + \Delta\rho_{n-1}}{2} - \frac{\rho_n'''}{6}(\Delta s)^3 + \ldots$$

D'autre part, nous avons

$$\Delta^3\rho_{n-1} + \Delta^3\rho_{n-2} = \Delta^2\rho_n - \Delta^2\rho_{n-2} = \rho_{n+2} - \rho_{n-2} - 2(\rho_{n+1} - \rho_{n-1})$$

En développant ρ_{n+2}, ρ_{n-2}, ρ_{n+1} et ρ_{n-1}, d'après la formule de Taylor, on trouve aisément

$$\Delta^3\rho_{n-1} + \Delta^3\rho_{n-2} = 2\rho_n'''(\Delta s)^3 + \ldots$$

En substituant cela dans les formules posées plus haut et en remarquant de plus que $R_n^{(5)}(\Delta s)^5 = \rho_n'''(\Delta s)^3$, on trouve enfin

$$\left.\begin{aligned} R_n'\Delta s &= \frac{\Delta R_n - \Delta R_{n-1}}{2} - \frac{\Delta\rho_n + \Delta\rho_{n-1}}{12} + 7\,\frac{\Delta^3\rho_{n-1} + \Delta^3\rho_{n-2}}{720} + \ldots \\ R_n'''(\Delta s)^3 &= \frac{\Delta\rho_n + \Delta\rho_{n-1}}{2} - \frac{\Delta^3\rho_{n-1} + \Delta^3\rho_{n-2}}{12} + \ldots \\ R_n^{(5)}(\Delta s)^5 &= \frac{\Delta^3\rho_{n-1} + \Delta^3\rho_{n-2}}{2} + \ldots \end{aligned}\right\} \quad (X_{,1})$$

Ici, on peut négliger les termes non écrits pour Δs assez petit.

De la même manière, on trouve :

$$\left.\begin{aligned} R_n''(\Delta s)^2 &= \rho_n \\ R_n^{(4)}(\Delta s)^4 &= \Delta^2\rho_{n-1} - \frac{1}{12}\Delta^4\rho_{n-2} + \ldots \\ R_n^{(6)}(\Delta s)^6 &= \Delta^4\rho_{n-2} + \ldots \end{aligned}\right\} \quad (X_{,2})$$

en ce qui constitue les formules pour les 6 premières dérivées de R à l'aide des quantités du tableau.

Exactement de la même manière on trouve les dérivées de z à l'aide des différences Δz et $\Delta^2 z$ et de

ζ, $\Delta \zeta_1$, $\Delta^2 \zeta$, $\Delta^3 \zeta$ et $\Delta^4 \zeta$, où $\zeta = z'' (\Delta s)^2$; nous ne les écrivons pas.

Une fois qu'on les a dérivées, on peut exprimer par les quantités du tableau toute fonction qui peut être exprimée par R_n, z_n et leurs dérivées. Nous allons par exemple trouver $\Delta^2 R_{n-1}$ à l'aide de ρ_n et ses différences. On a

$$\Delta^2 R_{n-1} = R_{n-1} - 2R_n + R_{n-1} = R(s_n + \Delta s) + R(s_n - \Delta s) - 2R(s_n)$$

Ici on a, d'après la formule de Taylor :

$$R(s_n + \Delta s) = R_n + R_n' \Delta s + \frac{R_n''}{1.2} (\Delta s)^2 + \frac{R_n'''}{1.2.3} (\Delta s)^3 + \ldots$$

$$R(s_n - \Delta s) = R_n - R_n' \Delta s + \frac{R_n''}{1.2} (\Delta s)^2 - \frac{R_n'''}{1.2.3} (\Delta s)^3 + \ldots$$

Donc

$$\Delta^2 R_{n-1} = R_n''(\Delta s)^2 + \frac{1}{1.2} R_n^{(4)} (\Delta s)^4 + \frac{1}{360} R_n^{(6)}.(\Delta s)^6 + \ldots$$

En substituant ici les valeurs de R_n'', $R_n^{(4)}$ et $R_n^{(6)}$ on obtient :

$$\Delta^2 R_{n-1} = \rho_n + \frac{1}{12} \Delta^2 \rho_{n-1} - \frac{1}{240} \Delta^4 \rho_{n-2} + \cdots$$

En observant que

$$\Delta^2 \rho_{n-1} = \Delta^2 \rho_{n-2} + \Delta^3 \rho_{n-2}$$

et

$$\Delta^3 \rho_{n-2} = \Delta^3 \rho_{n-3} + \Delta^4 \rho_{n-3}$$

on en tire, en négligeant les différences cinquièmes, c'est-à-dire en posant $\Delta^4 \rho_{n-3} = \Delta^4 \rho_{n-4}$:

$$\Delta^2 \rho_{n-1} = \Delta^2 \rho_{n-2} + \Delta^3 \rho_{n-3} + \Delta^4 \rho_{n-4}$$

Donc

$$\Delta^2 R_{n-1} = \rho_n +$$

$$+ \frac{1}{12} \left[\Delta^2 \rho_{n-2} + \Delta^3 \rho_{n-3} + \Delta^4 \rho_{n-4} - \frac{1}{20} \Delta^4 \rho_{n-4} \right] \ldots \text{(XI)}$$

formule qui est fondamentale dans notre méthode ; on a ici négligé les différences du cinquième ordre, $\Delta^5\rho$.

Comme autre exemple, cherchons la valeur de la fonction R (s) pour

$$s = s_n - \theta . \Delta s$$

où θ est un nombre compris entre zéro et 1. On a

$$R(s_n - \theta . \Delta s) = R_n - \frac{R_n'}{1} \Delta s . \theta + \frac{R_n''(\Delta s)^2}{1.2} \theta^2 - \frac{R_n'''(\Delta s)^3}{1.2.3} \theta^3 + \ldots$$

et en substituant ici les valeurs de $R_n \Delta s$, $R_n'' (\Delta s)^2$,... on exprimera R $(s_n - \theta . \Delta s)$ à l'aide des quantités du tableau. Pour notre but, il est surtout important de connaître R $(s_n - \frac{1}{2} \Delta s)$; dans ce cas, on trouve aisément

$$R(s_n - \frac{1}{2}\Delta s) = R_n - \frac{\Delta R_n + \Delta R_{n-1}}{4} + \frac{\rho_n}{8} + \frac{\Delta \rho_n + \Delta \rho_{n-1}}{32} + \frac{\Delta^2 \rho_{n-1}}{384} +$$

$$- \frac{5}{1536} \left[2 \Delta^3 \rho_{n-2} + \Delta^4 \rho_{n-3} \right] - \frac{1}{5120} \Delta^4 \rho_{n-4} \ \ldots . \quad \text{(XII)}$$

où les différences du cinquième ordre sont négligées.

Cela posé, supposons que l'on connaisse les quantités indiquées sur les deux tableaux ci-joints :

⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
s_{n-3}	R_{n-3}		$\Delta^2 R_{n-4}$	ρ_{n-3}		$\Delta^2 \rho_{n-4}$		$\Delta^4 \rho_{n-5}$
		ΔR_{n-3}			$\Delta \rho_{n-3}$		$\Delta^3 \rho_{n-4}$	
s_{n-2}	R_{n-2}		$\Delta^2 R_{n-3}$	ρ_{n-2}		$\Delta^2 \rho_{n-3}$		
		ΔR_{n-2}			$\Delta \rho_{n-2}$			
s_{n-1}	R_{n-1}		$\Delta^2 R_{n-2}$	ρ_{n-1}				
		ΔR_{n-1}						
s_n	R_n							

et

⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
s_{n-3}	z_{n-3}		$\Delta^2 z_{n-4}$	ζ_{n-3}		$\Delta^2 \zeta_{n-4}$		$\Delta^4 \zeta_{n-5}$
		Δz_{n-3}			$\Delta \zeta_{n-3}$		$\Delta^3 \zeta_{n-4}$	
s_{n-2}	z_{n-2}		$\Delta^2 z_{n-3}$	ζ_{n-2}		$\Delta^2 \zeta_{n-3}$		
		Δz_{n-2}			$\Delta \zeta_{n-2}$			
s_{n-1}	z_{n-1}		$\Delta^2 z_{n-2}$	ζ_{n-1}				
		Δz_{n-1}						
s_n	z_n							

et que l'on veuille calculer R_{n+1} *et* z_{n+1}.

On procède alors ainsi :

D'abord on calcule $\rho_n = R_n''.(\Delta s)^2$ et $\zeta_n = z_n''.(\Delta s)^2$ à l'aide des équations différentielles[1] ; en effet, on a

$$R'' = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right).\left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^5} - \frac{1}{r^3}\right)$$

$$z'' = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}\right).\frac{3Rz}{r^5}$$

où $r^2 = R^2 + z^2$; en y substituant pour R et z les

[1] Pour ce qui est du mode de calcul le plus pratique de ρ_n et de ζ_n, je dois à un de mes assistants, *M. Vegard,* des simplifications essentielles.

les valeurs R_n et z_n on trouve ainsi R_n'' et z_n'', d'où l'on tire ρ_n et ζ_n.

On écrit alors les valeurs trouvées sur le tableau, et par des soustractions on en déduit :

$$\Delta\rho_{n-1},\ \Delta^2\rho_{n-2},\ \Delta^3\rho_{n-3},\ \Delta^4\rho_{n-4}$$
$$\Delta\zeta_{n-1},\ \Delta^2\zeta_{n-2},\ \Delta^3\zeta_{n-3}\ \text{et}\ \Delta^4\zeta_{n-4}$$

que l'on met à leurs places.

Ensuite la formule (XI) et la correspondante pour $\Delta^2 z_{n-1}$ donnent les valeurs de $\Delta^2 R_{n-1}$ et $\Delta^2 z_{n-1}$, et par addition on en déduit ΔR_n et Δz_n, et ensuite R_{n+1} et z_{n+1}.

De cette manière, on peut, de proche en proche, trouver des nouveaux points (R_{n+1}, z_{n+1}), (R_{n+2}, z_{n+2}), (R_{n+3}, z_{n+3})... de la trajectoire, ce qui constitue l'essentiel de notre méthode d'intégration numérique.

Pour que le procédé soit assez approximatif, il faut que l'on choisisse Δs assez petit pour que les différences du 5ème ordre soient négligeables, ce qui est une affaire d'expérience.

Cependant, si l'on voit au cours du calcul que les différences croissent trop rapidement, on peut faire une interpolation en calculant un tableau correspondant, où Δs est partout remplacé par $^1/_2\, \Delta s$; les diverses quantités du nouveau tableau se calculent alors aisément à l'aide de la formule d'interpolation (XII) et la formule correspondante de $z(s_n - {}^1/_2\, \Delta s)$. Si on le trouve nécessaire, on peut aussi trouver des formules d'interpolation pour les différences de ρ et de ζ ; nous ne nous en occupons pas.

D'autre part, si les différences $\Delta^4\rho$ et $\Delta^4\zeta$ deviennent si petites qu'elles soient négligeables, on peut remplacer l'intervalle Δs par le double $2\Delta s$; la formation du tableau correspondant est alors immédiate.

Ce procédé de bisections et doublement successifs de l'intervalle Δs est aussi employé dans la méthode citée *H.-G. Darwin*, mais le choix de la variable indépendante et les détails du procédé sont tout autres.

Au commencement du calcul, il y a certaines difficultés, soit pour le choix de l'intervalle Δs, soit pour trouver les différences supérieures. Les conditions initiales seront données par exemple par

$$R = R_0, \; z = z_0, \; u = u_0$$

pour $s = 0$, où u désigne l'angle que la tangente à la courbe intégrale fait avec l'axe des R. On en déduit, à l'aide du système (VII), que

$$R_0' = \sqrt{Q_0} \cos u_0$$
$$z_0' = \sqrt{Q_0} \sin u_0$$

où Q_0 est la valeur de la fonction Q au point (R_0, z_0).

Ensuite on calcule R_0'' et z_0'' par les équations différentielles et en choisissant alors un Δs convenable, on calcule R_1 et z_1 par la formule de Taylor arrêtée aux termes en $(\Delta s)^2$:

$$R_1 = R_0 + R_0' \, \Delta s + \frac{R_0''}{1.2} (\Delta s)^2$$

$$z_1 = z_0 + z_0' \, \Delta s + \frac{z_0''}{1.2} (\Delta s)^2$$

ce qui donne ΔR_0 et Δz_0. Ensuite, on a ρ_0 et ζ_0 en multipliant R_0'' et z_0'' par $(\Delta s)^2$, et de même on calcule ρ_1 et ζ_1. Pour en déduire $\Delta^2 R_0$ et $\Delta^2 z_0$, on pose

$$\Delta^2 R_0 = \rho_1$$
$$\Delta^2 z_0 = \zeta_1$$

ce qui donne ensuite ΔR_1, Δz_1 et R_2 et z_2, et ainsi de suite.

On continue de cette manière jusqu'à ce que l'on ait obtenu les différences supérieures de ρ et de ζ, et à l'aide de ces différences on calcule les dérivées supérieures R_0''', $R_0^{(4)}$, $R_0^{(5)}$ et $R_0^{(6)}$, et z_0''', $z_0^{(4)}$, $z_0^{(5)}$ et $z_0^{(6)}$. En introduisant ces valeurs dans la formule de Taylor, *on calcule des valeurs plus exactes de R_1 et de z_1, et on recommence de nouveau le calcul du tableau*[1].

Dans certains cas, par exemple si la trajectoire au point (R_0, z_0) est normale à l'axe des R ou si ce point est situé soit sur la ligne de niveau $Q = 0$, soit sur la ligne $Q = 1$, ces circonstances donnent des simplifications faciles à comprendre et que nous ne traiterons pas ici.

Avec de pareils calculs si longs et si fatigants, il est nécessaire d'avoir des moyens pour découvrir les fautes qu'on a pu commettre.

Tout d'abord ces fautes influent sur les séries de différences, en les rendant irrégulières ; cependant, pour avoir des moyens plus sûrs, on peut appliquer la dernière équation du système (VII), qui peut être écrite :

$$(R_n')^2 + (z_n')^2 + k_n^2 = 1$$

où R_n', z_n' et k_n sont les valeurs de $\frac{dR}{ds}$, $\frac{dz}{ds}$ et de

$$k = \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3}$$

au point (R_n, z_n). Ici R_n' et z_n' peuvent être calculés par les formules (X, 1) et leurs analogues, et k_n directement.

Voici en grands traits la méthode d'intégration numérique employée. La place ne nous permet pas de donner

[1] On pourrait aussi calculer R et z pour $s = -\Delta s$ et $-2\Delta s$, au lieu de les calculer pour $s = 3\Delta s$ et $4\Delta s$.

des exemples numériques ; nous en avons cependant en abondance, mes aides et moi-même, ayant calculé, comme nous l'avons dit, plus de 120 courbes différentes.

Les calculs ont été faits en général avec 6 décimales, et Δs a été choisi assez petit pour que $\Delta^4 \rho$ et $\Delta^4 \zeta$ n'excèdent pas 0,000050 ; le plus souvent ces différences ont été inférieures à 0,000010.

Quand on est suffisamment exercé, on calcule environ trois points (R, z) par heure.

Quand on a ainsi calculé une courbe intégrale du système (VII), le reste est relativement vite fait. En effet, φ est donné par la formule :

$$\varphi = \int \left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{1}{r^3} \right) ds + \text{Const.}$$

et ici, en arrangeant le calcul de ρ_n et ζ_n de manière à calculer aussi $\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{1}{r^3}$, φ peut être calculé très vite à à l'aide de la *formule de Simpson,* par exemple.

φ étant ainsi trouvé, on a x et y par les formules

$$x = R \cos \varphi, \quad y = R \sin \varphi$$

ce qui fait connaître les coordonnées cartésiennes de la trajectoire dans l'espace.

La méthode d'intégration numérique du système (VII) peut, comme on le voit aisément, être étendue à tout système d'équations différentielles

$$\frac{d^2x_1}{dt^2} = f_1 \,(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

$$\frac{d^2x_2}{dt^2} = f_2 \,(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\frac{d^2x_n}{dt^2} = f_n \,(x_1, x_2, \ldots x_n)$$

Il est facile de voir que chaque système d'équations différentielles ordinaires peut se ramener à une telle forme.

Pour le problème des 3 corps, en particulier, la méthode me semble pouvoir rendre de grands services.

14. *Résultats de l'intégration numérique, spécialement pour les courbes intégrales du système (VII) passant par l'origine.*

Pour l'application aux aurores boréales, il était, comme nous l'avons déjà dit, d'un grand intérêt de connaître les trajectoires venant de l'infini et s'approchant autant que possible de l'origine. Le premier moyen dont je me suis servi pour trouver de pareilles trajectoires était de calculer, par intégration numérique, des séries de trajectoires venant de points très éloignés et dirigées vers l'origine ; nous calculâmes[1] ainsi 5 faisceaux, chacun d'environ 15 trajectoires, correspondant à $\gamma = -0{,}01$, $\gamma = -0{,}5$ et $\gamma = -0{,}97$, et aux différentes situations du point d'émanation ; par ces calculs, il était évident que pour chaque valeur de γ *certaines* situations seulement du point d'émanation donnaient des courbes intégrales du système (VII) s'approchant de l'origine aussi près que l'on voudrait.

Guidé par ces faits, j'ai ensuite suivi une autre méthode consistant à commencer le calcul en des points près de l'origine, dans une des cornes de la région q_γ, et par l'intégration numérique suivre la courbe intégrale jusqu'à ce qu'elle s'éloigne vers l'infini ; en effet,

[1] Le calcul de ces faisceaux a été fait pour la plus grande part par mes assistants M[lles] A. Hals et G. Ruud et par MM. Olden, Bjerke et Vegard.

comme la courbe peut être parcourue par le point p aussi bien dans un sens que dans l'autre, on aurait alors une courbe venant de l'infini et arrivant au voisinage de l'origine.

En calculant quelques courbes de ce genre correspondant à des points de départ de plus en plus rapprochés de l'origine, nous sommes conduits à la conclusion que pour chaque valeur négative de γ il y a deux courbes intégrales et deux seulement passant par l'origine, et, comme je l'ai dit auparavant, je réussis ensuite à trouver des formules assez approximatives pour ces courbes aux environs de l'origine.

Cela obtenu, j'avais des méthodes assez sûres pour calculer toute une série de courbes par l'origine, correspondant aux diverses valeurs de γ.

Le calcul de ces courbes par l'origine a été fait de la manière suivante :

A l'aide des formules asymptotiques (IX), nous avons calculé les R_0, z_0 et u_0 initiaux, en choisissant un point (R_0, z_0) si rapproché de l'origine que les derniers termes des formules en question deviennent moindres que 10^{-5}; γ étant situé entre 0 et -1, il suffit pour cela de choisir le point (R_0, z_0) à une distance de l'origine moindre que 0,21.

Ces conditions initiales étant calculées, nous avons continué par intégration numérique, en procédant dans la direction s'éloignant de l'origine. Nous avons commencé avec un intervalle $\Delta s = \frac{1}{128}$ ou $= \frac{1}{256}$ et le calcul a été fait avec 6 décimales. Pour les courbes qui sortent de la figure (voir la Pl. III) et qui s'étendent par conséquent vers l'infini, le calcul a été poussé

jusqu'à un point situé à une distance 29 environ de l'origine (ce nombre a été choisi pour les applications aux aurores boréales).

Sur la Pl. III on voit 22 de ces courbes ; la courbe correspondant à $\gamma = -0,999$ n'a pas été dessinée, parce qu'elle est située si près de la courbe $\gamma = -1$, qu'elle ne peut pas en être distinguée sur la figure.

En moyenne, nous avons calculé 95 points pour chaque courbe, ce qui correspond à un travail de calcul de plus de 700 heures[1].

A chaque courbe calculée en correspond une autre située symétriquement par rapport à l'axe des R.

Il est inutile de donner une description détaillée des courbes calculées ; en effet, la Pl. III en donne une idée assez nette. Seulement nous allons préciser certains traits :

On voit que si γ varie de $-0,9$ à $-0,9335$ en croissant en valeur absolue, la courbe correspondante aura pour z des maxima et des minima, dont le nombre augmente rapidement à mesure que γ se rapproche d'une certaine valeur γ^* située entre $-0,93$ et $-0,9335$; en même temps la courbe intégrale se rapproche, pour la partie où elle a ses maxima et minima, d'une certaine courbe périodique P, correspondant à $\gamma = \gamma^*$. Cette courbe périodique P coupe orthogonalement l'axe des R et rencontre les deux branches de la ligne $[\gamma^*, -1]$ de manière à séparer la région q_{γ^*} en deux parties.

[1] La plus grande partie du travail a été exécutée par un de mes assistants, Mlle G. Ruud ; quelques courbes ont été calculées par Mlle Geelmuyden et M. Krekling.

Pour avoir une idée plus nette de ces circonstances, faisons varier γ depuis — 0,97 jusqu'à — 0,93, le faisant décroître en valeur absolue.

On voit sur la Pl. III que pour $\gamma = - 0,97$, la courbe se rapproche de la branche inférieure de la ligne $[\gamma, -1]$, pour dévier ensuite vers la droite[1] ; au contraire, pour $\gamma = - 0,95$, elle déviera vers la gauche ; pour une valeur γ_1 de γ comprise entre ces deux valeurs, on aura donc une courbe qui rencontre la ligne correspondante $[\gamma_1, -1]$ en un point qui sera un point d'arrêt de la courbe intégrale ; par calculs approximatifs, j'ai trouvé que $\gamma_1 = - 0,956$ environ.

Cette courbe rencontrant $[\gamma_1, -1]$ est donc telle que si le point p se meut le long de la courbe en partant de l'origine il arrivera au point d'arrêt pour refaire ensuite le même chemin jusqu'à l'origine.

Si γ croît de — 0,956 à — 0,9335, le deuxième point d'intersection avec l'axe des R, à partir de l'origine, s'éloigne de la courbe correspondant à $\gamma = \gamma_1$, en se mouvant vers la droite. En même temps, la courbe coupera l'axe des R en ce point sous un angle qui croît vers 90°. Enfin, pour $\gamma = - 0,9335$ environ, cet angle est de 90° et la courbe est alors symétrique par rapport à l'axe des R. Si le point p parcourt cette courbe à partir de l'origine, il finit donc à arriver à l'origine par la corne *inférieure* de la région q_γ.

Si γ décroît ensuite en valeur absolue, il arrive à une valeur γ_2 égale à — 0,93175 environ, qui donne une courbe intégrale ayant un point d'arrêt sur la branche

[1] Le sens de la déviation est par rapport à un observateur se promenant le long de la courbe.

supérieure de la ligne $[\gamma_2, -1]$. Pour $\gamma = \gamma_2 + \varepsilon$, où ε est infiniment petit et positif, la courbe restera au voisinage de la courbe pour $\gamma = \gamma_2$, de manière à approcher de la branche inférieure de la ligne $[\gamma, -1]$ et dévier à droite, après avoir coupé l'axe des R en 3 points à partir de l'origine ; d'autre part, pour $\gamma = -0,93$, elle déviera vers la gauche aux endroits correspondants.

On aura donc, entre γ_2 et $-0,93$, une valeur γ_3, à laquelle correspond une courbe intégrale ayant un point d'arrêt sur la branche inférieure de la ligne $[\gamma_3, -1]$, comme la courbe correspondant à $\gamma = \gamma_1$].

De cette manière on peut continuer et obtenir une suite infinie de courbes ayant des points d'arrêt alternativement sur la branche supérieure et la branche inférieure de la ligne $[\gamma, -1]$ correspondante, et en même temps on obtient des courbes allant à l'infini, après avoir eu pour z autant de maxima et minima qu'on le voudra aux environs de ces points d'arrêt.

La limite des valeurs correspondantes de γ, valeurs situées entre $-0,97$ et $-0,93$, limite que nous appelons γ^*, est telle que la courbe correspondante s'approche asymptotiquement de la courbe P mentionnée plus haut.

Quant aux raisonnements précédents, nous insistons sur le fait qu'ils ne sont pas rigoureux, parce qu'ils sont fondés sur des résultats d'intégrations numériques ; cependant les conclusions nous semblent vraies malgré cela, et ce serait un problème bien intéressant de les démontrer d'une façon absolument rigoureuse.

Quant aux courbes intégrales correspondant aux valeurs de γ entre γ^* et -1, il y en a une multitude de formes différentes.

Ainsi, pour $\gamma = -0,94$ environ, on aura une courbe ayant un point d'arrêt sur la ligne $[\gamma, 1]$, et si γ varie entre $-0,94$ et $-0,956$, on trouvera une suite infinie de courbes avec des points d'arrêt dans la corne supérieure, de plus en plus près de l'origine.

Au voisinage de $\gamma = -0,94$, il y a d'autre part des courbes allant à l'infini, comme par exemple la courbe correspondant à $\gamma = -0,939$; le calcul des courbes allant à l'infini et correspondant à $-1 < \gamma < \gamma^*$ est toutefois très laborieux ; par exemple, le calcul de la courbe pour $\gamma = -0.939$ a duré environ 100 heures.

En faisant varier γ aux environs de $-0,939$, on voit aussi que la courbe intégrale peut présenter pour z, dans une région correspondant à la région de la courbe périodique P autant de maxima et minima qu'on voudra. En effet, en aura ici une courbe périodique P' correspondant à la courbe P.

Pour chacune des autres valeurs $\gamma = \gamma_2$ $\gamma = \gamma_3, \ldots$ on peut faire des considérations analogues et obtenir, par exemple, une infinité de courbes ayant des points d'arrêt dans les cornes, au voisinage de l'origine.

Ces exemples suffisent pour faire voir l'immense variété de formes, quand γ est situé entre -1 et γ^*.

Cela posé, cherchons toutes les courbes intégrales passant par l'origine et par un point donné (R_0, z_0) situé à une grande distance. Supposons, pour les applications aux aurores boréales, que la distance de l'origine au point (R_0, z_0) est 28,8434 et que le rayon vecteur à ce point fait avec l'axe des R un angle compris entre $10°$ et $-10°$.

Considérons seulement les courbes intégrales arrivant à l'origine par la corne *supérieure* de la région q_γ.

Alors, en calculant l'angle ψ_γ entre l'axe des R et le rayon vecteur à un point situé sur la courbe intégrale à la distance 28,8434 de l'origine, on trouve le tableau suivant :

$\gamma =$	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,7	-0,8
$\psi_\gamma =$	52°,6	35°,6	21°,5	-3°,4	-20°,1	-14°,9

$\gamma =$	-0,85	-0,9	-0,92	-0,926	-0,9285	-0,93
$\psi_\gamma =$	-3°,2	15°,3	8°,8	-5°,2	-15°,2	-13°,2

Donc, en faisant varier γ entre 0 et — 1 en augmentant en valeur absolue, la courbe intégrale passera une première fois par le point (R_0, z_0) pour une valeur γ' comprise entre — 0,3 et — 0,7, et une deuxième fois ensuite pour une valeur γ'' comprise entre — 0,7 et — 0,9, pour la troisième fois pour une valeur γ''' comprise entre — 0,9 et — 0,9285, et ainsi de suite.

On aura donc une série de courbes intégrales distinctes passant par le point (R_0, z_0) et par l'origine.

D'après ce que nous avons dit des courbes intégrales pour γ situé au voisinage de γ^*, on peut même avoir une série infinie de pareilles courbes correspondant à une série de valeurs de γ ayant γ^* pour limite.

On peut même avoir d'autres séries infinies de courbes de cette nature pour des valeurs de γ comprises entre γ^* et — 1.

Certaines circonstances m'ont conduit à croire que si le point (R_0, z_0) est situé près de l'axe des R, alors

le nombre de ces séries sera particulièrement grand et peut-être infini.

15. *Sur les trajectoires dans l'espace passant par l'origine.*

Comme nous l'avons déjà dit, le calcul numérique des trajectoires dans l'espace est relativement facile quand on a d'abord calculé les courbes intégrales correspondantes dans le plan méridien Rz. En effet, on peut calculer l'angle φ par quadrature numérique, par exemple, par la formule de Simpson.

Nous allons considérer en particulier les trajectoires correspondant aux courbes intégrales par l'origine.

Considérons d'abord les courbes où $-0,93 \leqq \gamma < 0$, courbes qui s'étendent vers l'infini. Comme nous avons dit dans le paragraphe 12, on aura, correspondant à chaque courbe intégrale, deux séries de trajectoires dans l'espace ; la première série comprend toutes les trajectoires qu'on obtient en faisant tourner l'une d'elles, soit T, autour de l'axe des z ; l'autre série comprend toutes celles qui sont symétriques à celles de la première série par rapport à un plan passant par l'axe des z. Les trajectoires de la première série correspondent à un mouvement où le corpuscule s'éloigne de l'origine, et celles de la seconde à un mouvement dans le sens opposé.

Si l'on fixe un point (x_0, y_0, z_0) différent de l'origine et par lequel la trajectoire doive passer, il ne reste des deux séries infinies que deux trajectoires, une de chaque série. Sur le modèle reproduit en photographie (fig. 9) on peut voir de pareilles trajectoires, passant par des

points convenables dans le plan des xz à la distance 28,8434 de l'origine et correspondant à un mouvement vers l'origine[1].

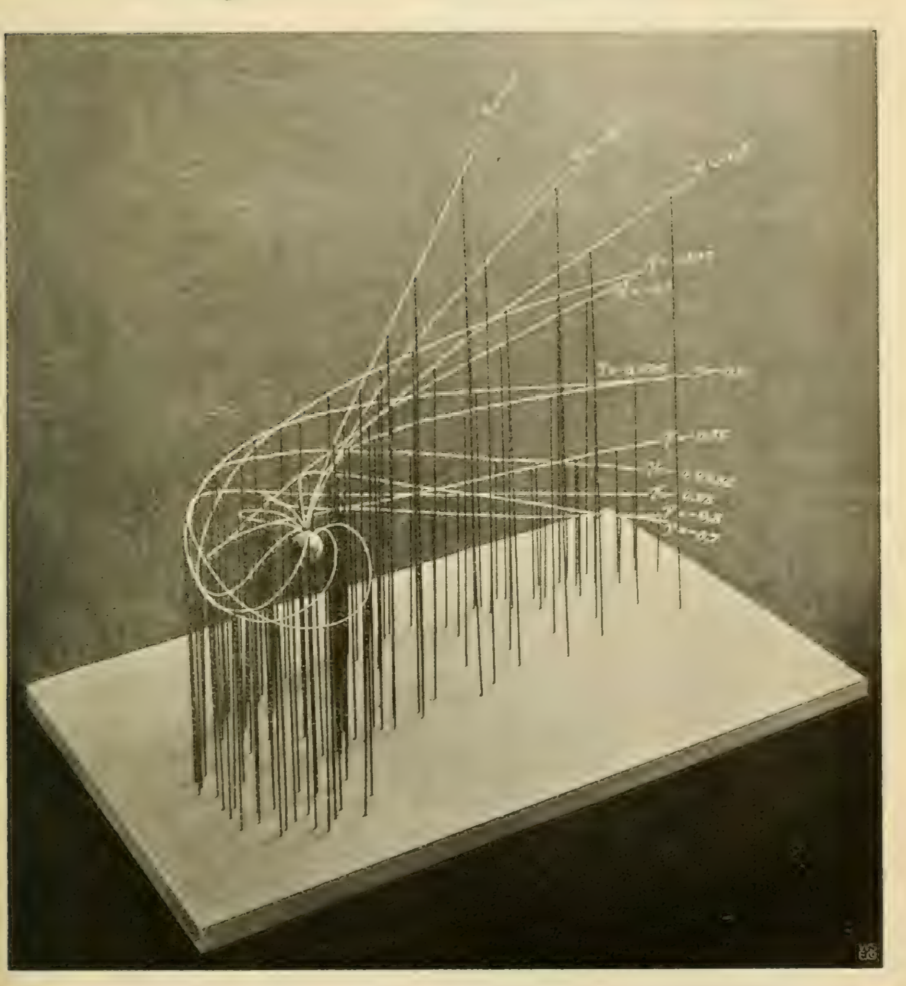


fig. 9.

[1] Quant au petit globe entourant l'origine, nous en parlerons dans le chapitre IV.

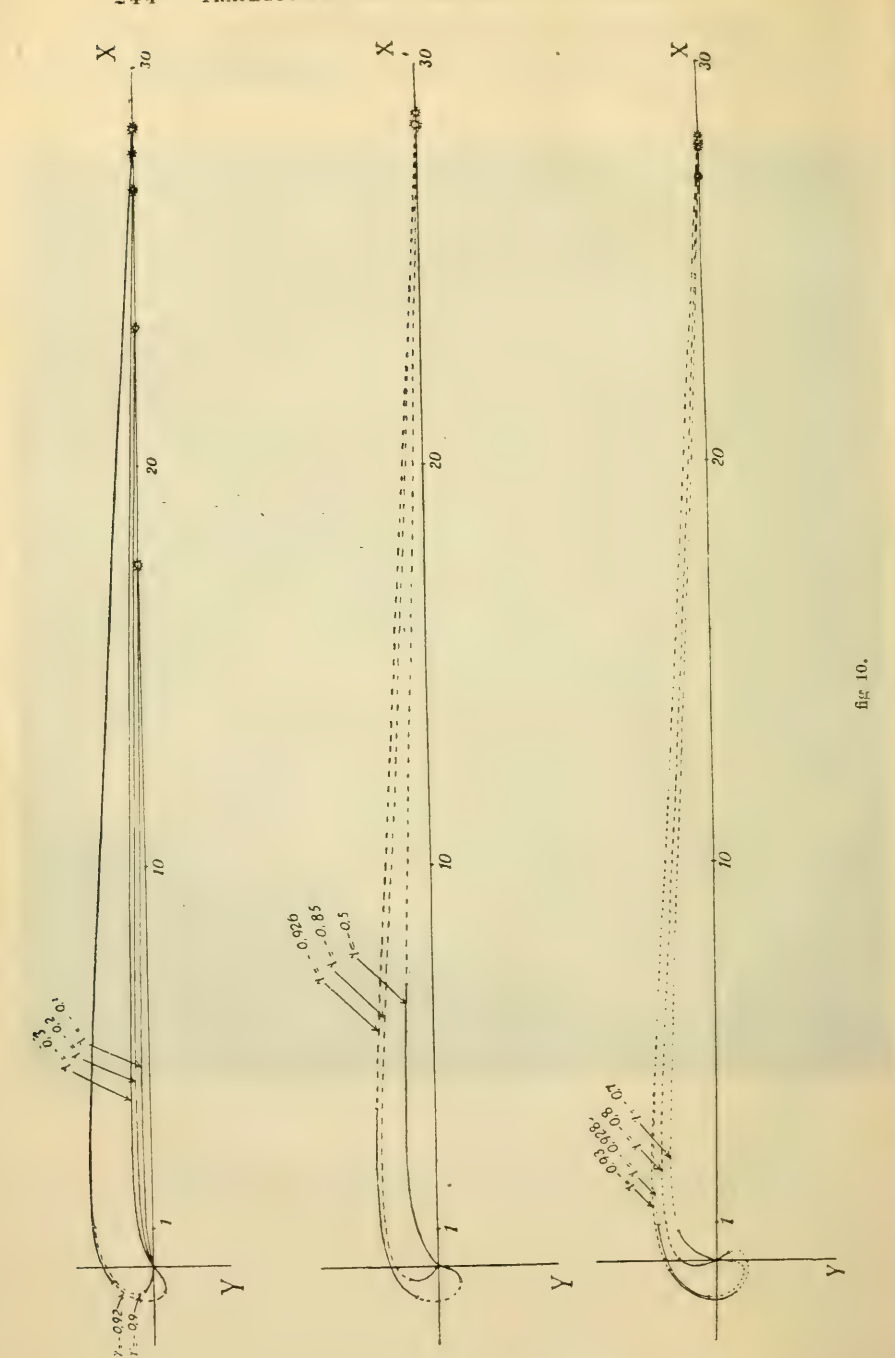


fig 10.

La figure 10 donne la projection sur le plan xy de ces mêmes trajectoires, à une échelle réduite, de manière que les projections des points de départ soient visibles.

Les valeurs de γ correspondantes sont indiquées pour chaque trajectoire.

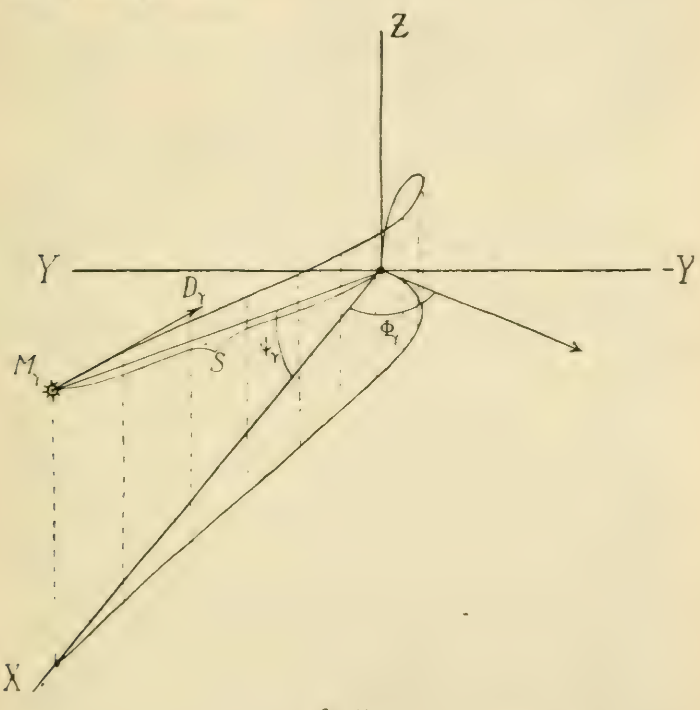


fig. 11.

Outre ces trajectoires arrivant à l'origine du côté des z positifs et correspondant aux courbes intégrales de la planche III, il y a des trajectoires symétriques à ces courbes par rapport au plan des xy et arrivant par conséquent à l'origine du côté des z négatifs; elles ne sont pas représentées sur le modèle.

Pour faciliter les explications qui vont suivre, introduisons quelques notations. Soit M_γ le point (voir fig. 11)

dont la distance de l'origine est 28,8434, et soit D_γ la direction de la tangente, au point M_γ, dirigée vers l'origine; soit de plus comme auparavant ψ_γ la valeur de l'angle ψ au point M_γ, et Φ_γ la variation de l'angle φ entre M_γ et l'origine. Considérons ces diverses quantités comme fonctions de γ; la variation de ψ_γ a déjà été discutée. Quant à l'angle Φ_γ, il diminue constamment de 0 à — 306° environ, quand γ décroît de 0 à — 0,93, comme on le voit sur le tableau ci-joint :

γ =	-0,1	-0,2	-0,3	-0,5	-0,7	-0,8
Φ_γ =	-21°,2	-27°,1	-31°,4	-45°,4	-79°,1	-111°,1
γ =	-0,85	-0,9	-0,92	-0,926	-0,9285	-0,93
Φ_γ =	-133°,7	-175°,5	-202°,2	-231°,1	-273°,3	-306°

Quand γ décroît de plus en plus et tend vers la valeur γ^*, Φ_γ décroît vers $-\infty$; en effet, la courbe intégrale correspondante du système (VII) aura aux environs de la courbe périodique P des plis dont le nombre croît vers l'infini, ces plis étant situés dans une région où $\frac{d\varphi}{ds}$ est négatif.

Remarquons aussi que pour $\gamma^* < \gamma < 0$, $\frac{d\varphi}{ds}$ sera toujours négatif le long de la courbe, c'est-à-dire que φ est toujours décroissant quand on suit la courbe du point M_γ à l'origine.

Quant à l'angle θ_γ que la tangente au point M_γ fait avec le plan des xz (passant par M_γ), elle est, d'après la formule (3), définie par l'équation

$$\sin\theta_\gamma = \frac{2\gamma}{S\cos\psi_\gamma} + \frac{\cos\psi_\gamma}{S^2}$$

S étant étant la distance de M_γ à l'origine. Pour les trajectoires du modèle, θ_γ variera entre $-3°30'$ et $-4°30'$.

Disons encore quelques mots sur les trajectoires pour $-1 < \gamma < \gamma^*$. Conformément à ce que nous avons dit sur les courbes intégrales K du système (VII) passant par l'origine, le nombre de formes différentes est ici immense. Il y a ainsi pour chaque valeur de γ analogue à γ^* des séries de trajectoires pour lesquelles l'angle Φ_γ est négatif et aussi grand que l'on veut, suivant le nombre croissant des plis de la courbe intégrale correspondante.

Mais toutes ces trajectoires ont certains traits communs. Ainsi, quand on suit la trajectoire du point M_γ à l'origine, r, φ et θ passeront par des minima et maxima successifs avant qu'on arrive à l'origine, ce qu'on peut voir par exemple sur la courbe K correspondant à $\gamma = -0,939$. D'autre part, comme on peut le comprendre en regardant la planche III, une petite variation de γ peut causer une variation complète de la forme de la trajectoire.

Parmi les trajectoires par l'origine, il y en a aussi une infinité qui n'ont pas de branches infinies, à savoir celles où la courbe K correspondant possède à un point d'arrêt, est symétrique par rapport à l'axe des R ou bien s'approche asymptotiquement une telle courbe. Pareil cas se présente par exemple pour

$\gamma = -0,956$, $\gamma = -0,9335$, $\gamma = -0,93175$ et $\gamma = -0,94$

environ.

Pour $\gamma < -1$, toutes les trajectoires par l'origine sont enfermées dans la région intérieure de l'espace Q_γ et ne pourront échapper vers l'infini. *(A suivre.)*

SUR L'ÉTHER MÉTHYLIQUE

DE

L'ACIDE AMINO-P-DIMÉTHYLAMINOBENZOIQUE

(Suite et rectification)

PAR

Frédéric REVERDIN

Dans le premier mémoire que nous avons publié sur le même sujet, M. Delétra et moi[1], nous avons décrit le produit de réduction au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique, de l'éther méthylique de l'acide nitrodiméthylaminobenzoïque, comme étant le dérivé aminé correspondant ; nous avons aussi décrit quelques dérivés de celui-ci.

Je me suis aperçu depuis que dans la réduction, telle qu'elle avait été pratiquée, le groupe méthyle avait été éliminé et que les dérivés indiqués comme étant des éthers méthyliques n'étaient en réalité que les dérivés de l'acide lui-même.

J'ai donc repris l'étude de cette question pour rectifier les indications dont les erreurs ont été causées par une fausse interprétation des résultats des analyses et j'ai préparé en outre quelques nouveaux dérivés.

La première observation qui m'a mis sur la voie des

[1] *Archives Sc. phys. nat.* 21 (1906) p. 617.

diverses erreurs que j'ai à rectifier, a été le fait que le point de fusion du chlorhydrate de notre soi-disant éther méthylique de l'acide amino-p-diméthylamino-benzoïque était le même que celui du chlorhydrate de l'acide lui-même ; le point de fusion du mélange démontrait l'identité des deux produits.

L'acide aminodiméthylaminobenzoïque a été préparé indépendamment par M. Steiner (communication particulière) et par M. O. Baudisch[1].

Le chlorhydrate de ce composé fond à 237° (B) et l'acide lui-même se dépose en feuillets brillants et incolores, F. 152° (B) lorsqu'on additionne d'acétate de soude la solution aqueuse du dit sel.

J'ai voulu pour caractériser encore cet acide préparer son dérivé acétylé et j'ai constaté que suivant le procédé employé on obtenait un ou deux dérivés.

Lorsqu'on chauffe le chlorhydrate de l'acide en question avec de l'anhydride acétique en excès et de l'acétate de soude, pendant $^3/_4$ d'heure au bain-marie et pendant le même temps à feu nu, il se forme deux dérivés acétylés.

Le produit principal qui est le moins soluble et se précipite par addition d'eau est constitué par une substance fusible à 194°, après avoir été purifiée par cristallisation dans l'alcool. Le produit le plus soluble que l'on retire des eaux-mères par évaporation, fond après avoir été purifié à 246-247° ; ce second dérivé se forme exclusivement lorsqu'on pratique l'acétylation en solution aqueuse d'après la méthode Hinsberg[2].

[1] *Ber. d. D. Chem. Ges.* t. 39 (1906) p. 4293 et Dissertation inaugurale. Université de Zurich, 1905, p. 76.

[2] *Ber. d. D. ch. Ges.*, t. 23 (1890), 2962.

Le produit de F. 194° cristallise dans l'alcool en lamelles blanches et épaisses ; c'est un *dérivé diacétylé* correspondant à la formule :

$$\text{COOH} - C_6H_3 \left\{ N \begin{matrix} C^2H^3O \\ C^2H^3O \end{matrix} \right\} - N(CH^3)_2$$

0.1590 gr. Subst. 14.8 cc. N (10°,729 mm).
Calculé pour $C^{13}H^{16}O^4N^2$ N = 10.60 %.
Trouvé N = 10.63 %.

Ce composé est soluble à froid dans la solution de carbonate de soude ainsi que dans la lessive de soude étendue ; il est soluble à chaud dans l'alcool et difficilement soluble dans l'eau bouillante.

La substance fusible à 246-247° cristallise également dans l'alcool en jolies paillettes blanches et brillantes ; c'est un *dérivé monoacétylé* correspondant à la formule :

$$\text{COOH} - C_6H_3 \left\{ N \begin{matrix} H \\ C^2H^3O \end{matrix} \right\} - N(CH^3)_2$$

0.1348 gr. Subst. 15.3 N (11°, 729 mm)
Calculé pour $C^{11}H^{14}O^3N^2$ N=12.61 %
Trouvé N=12.91

Cette substance est également soluble à froid dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue. Elle est soluble à chaud dans l'alcool et difficilement soluble dans l'eau bouillante.

Le produit acétylé que M. Delétra et moi nous avions

décrit précédemment[1] avec le F. 232° était sans doute impur et doit être supprimé.

L'acide amino-p-diméthylaminobenzoïque chauffé en solution alcoolique, en présence d'acétate de soude avec le chlordinitrobenzène ($Cl.NO^2.NO^2$. 1.2.4.) fournit un produit difficilement soluble dans la plupart des dissolvants organiques et qui après avoir été cristallisé dans l'acide acétique cristallisable, est en petits prismes jaune-brun, fusibles vers 265°. Ce dérivé doit être un *éther dinitrobenzènique*, car il n'est pas soluble à froid dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue, il est soluble dans les acides et est diazotable.

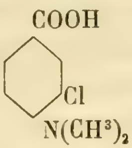
Enfin le *picrate de l'acide amino-diméthylaminobenzoïque* est en cristaux prismatiques jaune verdâtre, il est peu soluble dans l'alcool et fond, après une seule cristallisation dans l'alcool à 199-200° en se décomposant.

Nous avons encore décrit dans le mémoire cité, comme étant un éther méthylique de l'acide oxydiméthyl-p-aminobenzoïque un produit que nous avions obtenu en décomposant le dérivé diazoïque du soi-disant chlorhydrate de l'éther méthylique de l'acide amino-diméthylaminobenzoïque, au moyen du sulfate de cuivre, par la méthode de la Société Chimique des Usines du Rhône (P-A. S. 19075 du 29. I. 1904).

Les dosages de l'azote dans ce dérivé et du baryum dans son sel de baryum, s'accordaient bien avec la formule indiquée, mais après avoir constaté que, ce que nous avions cru être l'éther méthylique n'était en réa-

[1] *Arch. Sc. Phys. et nat.* 21 (1906) 619.

lité que l'acide correspondant, il me vint des doutes au sujet de ce produit ; une analyse complète s'imposait et ses résultats me montrèrent que le composé en question était l'*acide 3-chlor-4-diméthylamino-1-benzoïque*, correspondant à la formule :



0.0964 gr. Subst.	0.1900 CO^2;	0.0454 H^2O
0.1324	0.2618 CO^2;	0.0616 H^2O
0.202	12.4 cc. N (13°,736 mm.) (anc. analyse)	
0.0972	6.4 cc. N (22°,722 mm.)	
0.1124	0.0782 Ag Cl	

Calculé pour $C^9H^{10}O^2NCl$	C=54.27	Trouvé C=53.75; 53.92
	H= 5.02	H= 5.23; 5.17
	N= 7.03	N- 7.02; 7.07
	Cl=17.58	Cl=17.02

L'acide 3-chlor-4-diméthylamino-1-benzoïque cristallise dans l'acide acétique, le benzène et l'alcool en paillettes ou en cristaux prismatiques allongés F. 178-179°. Il est soluble dans les alcalis, facilement soluble dans les dissolvants organiques à l'exception de la ligroïne dans laquelle il est difficilement soluble.

Je rappelerai que son *sel de baryum* a donné à l'analyse antérieurement indiquée le résultat suivant :

0.6212 gr. Subst.	0.2702	$BaSO^4$
Calculé pour $C^{18}H^{18}O^4N^2Cl^2Ba$		Ba = 25.76 %.
Trouvé		Ba = 25.60

La formation de l'acide chloré dont je viens de parler est due au fait que la diazotation avait été faite avec le chlorhydrate et en présence d'acide chlorhydrique, quoique cependant en solution fort étendue.

J'ai en outre préparé le dérivé iodé correspondant, soit l'acide *3-iod-4-diméthylamino-1-benzoïque* en décomposant le dérivé diazoïque de l'acide aminodiméthylaminobenzoïque par la méthode habituelle au moyen de l'iodure de potassium. Le produit de la réaction, après avoir été précipité par une solution d'acétate de soude et traité à l'acide sulfureux, a été purifié en le faisant cristalliser soit dans l'alcool, soit dans le benzène après l'avoir fait bouillir avec du noir animal ; il se présente à l'état pur sous la forme d'aiguilles blanches F. 190-191° en se décomposant.

0.1040 gr. Subst.	0.1424 CO^2; 0.0358 H^2O		
0.0812	0.1110 » 0.0284 »		
0.2154	0,1734 Ag J		
Calculé pour $C^9H^{10}O^2NJ$	C=37.13 %	Trouvé	C=37.34 ; 37.28 %
	H= 3,43		H= 3.82 ; 3.88
	J =43.64		J =43.30

L'acide 3-jod-4-diméthylamino-1-benzoïque est soluble dans la solution de carbonate de soude et dans la lessive de soude étendue ; il est à peu près insoluble dans l'eau, soluble à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, soluble à chaud dans le benzène, insoluble dans la ligroïne. Il cristallise bien dans un mélange de 1 partie d'alcool et de 2 parties d'eau ; il donne un *sel de sodium* très soluble dans l'eau et un *éther méthylique* huileux que je n'ai pas réussi à faire cristalliser.

La constatation des erreurs dont j'ai parlé ci-dessus m'a conduit, dans le but de compléter cette revision, à préparer le véritable *éther méthylique de l'acide aminodiméthylaminobenzoïque.*

Je l'ai obtenu facilement par deux procédés, c'est-à-dire par éthérification de l'acide en question et par

réduction au moyen de l'hydrosulfite de soude de l'éther méthylique de l'acide 3-nitro-4-diméthylamino-1-benzoïque décrit précédemment.

L'éthérification a été opérée par la méthode habituelle, en chauffant au bain-marie l'acide en solution dans l'alcool méthylique, en présence de la quantité théorique d'acide sulfurique. Après avoir chassé l'alcool, le produit de la réaction a été rendu alcalin et extrait à l'éther. L'éther a abandonné par l'évaporation la base qui, après avoir été cristallisée dans l'eau, puis dans la ligroïne, est en gros cristaux prismatiques F. 56°. Ce produit est facilement soluble à froid dans la plupart des dissolvants organiques, sauf dans la ligroïne dans laquelle il se dissout cependant à chaud. Il est également soluble à chaud dans l'alcool et dans l'acétone étendus, ainsi que dans l'eau bouillante, et à froid dans les acides minéraux.

On obtient ce même produit en réduisant au moyen de la quantité théorique d'hydrosulfite de soude l'éther méthylique de l'acide 3-nitro-4-diméthylamino-1-benzoïque en solution dans l'alcool étendu à 50 °/₀ et en faisant bouillir quelques minutes, jusqu'à décoloration. On filtre le produit de la réaction, on chasse l'alcool, puis, après avoir rendu alcalin, on extrait à l'éther.

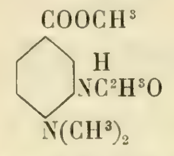
Il faut noter que cet éther est très facilement déméthylé par ébullition avec l'acide chlorhydrique même étendu et qu'il faut par conséquent éviter, dans le traitement du produit de la réduction, l'emploi de cet acide à chaud.

En chauffant l'éther ci-dessus avec l'anhydride acétique pendant une heure au bain-marie et pendant quelques minutes à l'ébullition, j'ai obtenu le *dérivé*

acétylé qui se présente sous la forme de jolies paillettes blanches et brillantes F. 103-104° après avoir été cristallisé dans l'eau.

0,0942 gr. Subst. 10.8 cc. N (23°, 719 mm.)
Calculé pour $C^{12}H^{16}O^3N^2$ N = 11.86 %
Trouvé N = 12.14

Le composé en question est donc un *dérivé monoacétylé* qui correspond à la formule :



Il est insoluble à froid dans la lessive de soude étendue et dans la solution de carbonate de soude, il est facilement soluble à froid dans l'alcool, l'acide acétique et le benzène, soluble à chaud dans l'eau, l'alcool et l'acide acétique étendus, presque insoluble même à chaud dans la ligroïne.

Le *picrate* se dépose en cristaux lorsqu'on mélange la solution alcoolique de l'éther avec une solution également alcoolique d'acide picrique ; il est en beaux cristaux prismatiques jaunes qui sont très peu solubles même à chaud dans l'alcool, un peu plus solubles dans l'acétone et qui fondent vers 187° après une seule cristallisation dans l'alcool.

Je n'ai pas obtenu de produit de condensation en chauffant au bain-marie la solution alcoolique de l'éther méthylique de l'acide 3-amino-4-diméthylamino-1-benzoïque avec le chlordinitrobenzène en présence d'acétate de soude. Cet insuccès, dans les conditions de l'expérience, est dû sans doute à la proximité des groupes « amino » et « diméthylamino ».

En résumé, il résulte de cette communication qu'il *faut retrancher de la littérature chimique* les composés suivants décrits à tort par M. Delétra et moi dans le mémoire cité :

Chlorhydrate de l'éther méthylique de l'acide amino-diméthylaminobenzoïque F. 228° et *dérivé acétylé* F. 232° de la base correspondante ; *produit de condensation* de l'éther ci-dessus *avec le chlordinitrobenzène* F. 253-254° ; *éther méthylique de l'acide oxydiméthyl-p-aminobenzoïque* F. 176°5 et *sel de baryum.*

Il faudra, d'autre part, faire les *additions suivantes :*

Dérivé mono-acétylé de l'acide 3-amino-4-diméthylamino-1-benzoïque F. 246-247° ; *dérivé diacétylé* du même F. 194° ; *picrate* F. vers 199-200° avec décomposition ; *éther dinitrobenzènique* F. vers 265°.

Acide 3-chlor-4-diméthylamino-1-benzoïque F. 178-179° et *sel de baryum ; acide iodé* correspondant F. 190-191°.

Ether méthylique de l'acide 3-amino-4-diméthylamino-1-benzoïque F. 56° ; *dérivé mono-acétylé* F. 103-104° et *picrate* du dit éther F. vers 187°.

Genève. Laboratoire de chimie organique
de l'Université. Juillet 1907.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1906

RÉSUMÉ ANNUEL

PAR

R. GAUTIER

Directeur de l'observatoire de Genève

ET

H. DUAIME

I. *Introduction.*

Il n'y a rien eu de changé en 1906 à l'organisation des stations météorologiques des fortifications de Saint-Maurice. Elles sont toujours au nombre de quatre : *Lavey-village, Savatan, Dailly et l'Aiguille,* les deux du milieu étant seules des stations complètes. Nous renvoyons donc à ce que nous en disions dans les résumés des années précédentes. Nous rappelons seulement que, cette année encore, le baromètre de la station de Dailly est resté à l'intendance du fort, à 15 mètres au-dessus de son ancien emplacement, au bureau de tir. Pour ne pas rompre l'homogénéité des valeurs de la pression atmosphérique avec celles des

années antérieures, une correction uniforme de + 1^{mm}.2 a été ajoutée à toutes les hauteurs barométriques observées en 1906, comme à celles de 1905, 1904 et à celles de la deuxième moitié de 1903.

Le service des observations continue à être confié aux sous-officiers des forts. Nous leur exprimons ici nos remerciements pour la manière dont ils s'acquittent de leur tâche. Nous sommes heureux aussi de profiter de cette occasion pour exprimer notre reconnaissance à M. le colonel Dietler, chef du bureau des fortifications, et à MM. les officiers placés sous ses ordres, pour la manière dont le service météorologique a marché en 1906.

La forme de la publication des *observations mensuelles* est restée la même que de 1903 à 1905. Elles sont groupées par saisons. La forme du *résumé annuel* est aussi restée la même et nous avons partout calculé les résultats et les moyennes pour l'*année civile*, comme pour l'*année météorologique*, quoique le détail des observations de décembre 1906 n'ait pas encore paru.

Les tableaux de ce résumé annuel sont les mêmes que ceux du précédent. Ils portent sur les cinq éléments météorologiques observés aux forts de Saint-Maurice : la *température*, la *pression atmosphérique*, l'*humidité de l'air*, la *nébulosité*, puis la *pluie* et la *neige*. Il s'y ajoute, comme pour les quatre dernières années, quelques petits tableaux supplémentaires relatifs au *brouillard*, à la *persistance de la neige* sur le sol, aux *orages* et aux cas de *fœhn*.

Les éléments sur lesquels sont basés ces tableaux se trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels publiés d'abord, et il suffira de les accompagner de quelques brèves explications.

II. *Température.*

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes, calculées, comme dans les publications du Bureau central météorologique suisse[1], sur deux formules différentes : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes, *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que nous avons employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima.

L'année 1905 avait été plutôt froide aux deux stations de Savatan et de Dailly. L'année 1906 est de nouveau une année chaude, surtout *l'année météorologique*. Elle est même plus chaude que l'année météorologique 1904. Mais l'*année civile* 1906 est plus froide, surtout plus froide que l'année civile 1904. Le mois de décembre 1906 a été froid, tandis que le mois de décembre 1905 avait été à peu près normal et celui de 1904 plutôt chaud. Au reste, l'année 1906 a été aussi plus chaude que la normale soit à Genève, soit au Grand-Saint-Bernard.

L'opposition entre les saisons extrêmes est à peu près la même qu'en 1905. L'*amplitude annuelle* entre les mois extrêmes est un peu moins forte pour l'année météorologique ; elle est plus forte pour l'année civile. Les *températures moyennes mensuelles extrêmes* sont

[1] *Annalen der schweiz. meteorologischen Centralanstalt.*

I. TEMPÉRATURE. SAVATAN, 1906

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne (7+1+9)/3	Températ. moyenne (7+1+2x9)/4	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1905.	– 1.21	+ 0.94	– 0.19	– 0.15	– 0.16	– 2.2	+ 2.2
Janv. 1906	– 0.85	1.46	+ 0.21	+ 0.27	+ 0.26	– 2.3	2.9
Février ...	– 2.39	0.83	– 0.84	– 0.80	– 0.81	– 3.2	2.1
Mars	+ 0.95	4.37	+ 3.17	+ 2.83	+ 2.91	– 0.2	7.1
Avril	5.40	10.51	7.69	7.86	7.82	+ 4.6	12.8
Mai	9.43	14.59	12.18	12.07	12.10	8.4	17.1
Juin......	12.17	18.85	15.44	15.48	15.47	11.2	21.1
Juillet	15.01	20.25	18.03	17.76	17.83	14.2	22.9
Août......	15.88	21.87	19.08	18.94	18.98	15.1	24.8
Septembre.	11.19	17.27	14.57	14.34	14.40	10.6	19.6
Octobre ...	10.12	14.34	11.87	12.11	12.05	9.4	15.9
Novembre.	+ 3.75	+ 6.55	+ 4.91	+ 5.07	+ 5.03	+ 2.7	+ 8.0
Décembre .	– 4.23	– 2.43	– 3.62	– 3.42	– 3.47	– 5.3	– 0.9
Hiver.....	– 1.46	+ 1.08	– 0.25	– 0.21	– 0.22	– 2.6	+ 2.4
Printemps.	+ 5.26	9.82	+ 7.68	+ 7.58	+ 7.61	+ 4.3	12.2
Eté.......	14.40	20.34	17.54	17.42	17.45	13.5	23.0
Automne..	8.37	12.74	10.46	10.53	10.51	7.6	14.5
Année mét.	6.68	11.04	8.90	8.87	8.88	5.7	13.1
Année civ.	6.42	10.76	8.61	8.60	8.60	5.5	12.8

II. TEMPÉRATURE. DAILLY, 1906

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne (7+1+9)/3	Températ. moyenne (7+1+2x9)/4	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1905.	– 0.17	+ 2.61	+ 0.51	+ 0.98	+ 0.86	– 2.7	+ 3.9
Janv. 1906	– 1.96	+ 0.95	– 0.88	– 0.63	– 0.69	– 4.7	+ 2.6
Février ...	– 4.76	– 1.59	– 3.46	– 3.27	– 3.32	– 6.9	– 0.4
Mars	– 1.12	+ 2.33	+ 0.50	+ 0.57	+ 0.55	– 3.5	+ 4.4
Avril... .	+ 2.08	6.22	3.87	4.06	4.01	+ 0.3	7.7
Mai	6.98	11.05	8.76	8.93	8.89	5.0	12.7
Juin......	10.22	14.61	11.50	12.11	11.96	7.7	16.3
Juillet. ..	12.62	16.48	14.28	14.46	14.41	10.7	18.4
Août	13.28	18.57	15.91	15.92	15.92	11.6	20.4
Septembre	9.03	13.71	11.41	11.38	11.39	7.2	16.0
Octobre ...	8.09	12.33	9.75	10.06	9.98	6.0	14.0
Novembre.	+ 3.10	+ 6.58	+ 4.15	+ 4.61	+ 4.49	+ 0.5	+ 7.6
Décembre..	– 5 36	– 3.00	– 4.77	– 4.38	– 4.48	– 8.5	– 1.1
Hiver.....	– 2.22	+ 0.73	– 1.21	– 0.90	– 0.98	– 4.7	+ 2.1
Printemps	+ 2.65	6.53	+ 4.38	+ 4.52	+ 4.48	+ 0.6	8.3
Eté	12.06	16.57	13.92	14.19	14.12	10.0	18.3
Automne.	6.75	10.89	8.45	8.70	8.64	4.6	12.5
Année mét.	4.85	8.72	6 42	6.66	6.60	2.7	10.3
Année civ.	4.41	8.24	5.98	6.21	6.15	2.2	9.9

celles de février et d'août pour l'année météorologique et celles d'août et de décembre pour l'année civile. Les amplitudes sont respectivement 19°.8 et 22°.4 pour Savatan, 19°.2 et 20°.4 pour Dailly.

En comparant les températures des deux stations dans le courant de l'année, on trouve, comme toujours, une *décroissance variable avec l'altitude* suivant les saisons et les mois. Elle est donnée dans le petit tableau suivant. La différence de hauteur des thermomètres est de 574 mètres.

Saison.	Décroissance de la température. Absolue.	Pour 100 m.
	°	°
Hiver	0.76	0.13
Printemps	3.13	0.55
Été	3.33	0.58
Automne	1.87	0.33

La décroissance est, comme toujours, minimum en hiver. Elle est même renversée pour l'*année météorologique*, en décembre 1905, où la température moyenne du mois est de — 1°.02 plus basse à Savatan qu'à Dailly. L'augmentation de température y est donc de 0°.18 par 100 mètres. — Pour *l'année civile* la décroissance minimum est en janvier : 0°.95, soit 0°.17 par 100 mètres. — La décroissance maximum est au mois d'avril, où elle est de 3°.81, ou de 0°.66 par 100 mètres.

Les cas d'*inversion de la température* entre les deux stations sont indiqués dans le petit tableau suivant. Ils sont relevés sur les tableaux des températures diurnes des différents mois :

Jours d'inversion de la température.

Décembre	1905	19 jours	Août	1906	1 jour
Janvier	1906	8 »	Septembre	»	1 »
Février	»	1 »	Octobre	»	2 »
Mars	»	1 »	Novembre	»	11 »
....			Décembre	»	9 »
Année météorol.		44 jours	Année civile		34 jours

Les cas d'inversion de la température se sont présentés un peu en toutes saisons en 1906, sauf d'avril à juillet. Le nombre maximum tombe en décembre 1905 pour l'année météorologique et en novembre 1906 pour l'année civile. Le total est un peu supérieur à celui de 1905 pour l'année météorologique.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année d'après leurs températures moyennes, ces températures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, de — 15° à + 25° pour les deux stations. Ils indiquent en même temps, pour les différents mois et pour l'année, les jours les plus froids et les plus chauds.

Les *tableaux V* et *VI* donnent les *températures extrêmes* observées à Savatan et à Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui fournit les totaux de *jours de gel* et de *jours de non-dégel*. Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés précédemment, mais elles ont été relevées sur les feuilles d'observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à

III. Classement des températures diurnes. SAVATAN, 1906.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-15° et -10°	-10° et -5°	-5° et 0°	0° et +5°	+5° et +10°	+10° et +15°	+15° et +20°	+20° et +25°		
Déc. 1905	—	—	22	8	1	—	—	—	-4°.7 le 18	+6°.4 le 8
Janv. 1906	-	4	9	15	3	—	—	—	-9.1 le 24	6.1 le 6
Février . .	—	2	15	10	1	—	—	—	-5.3 le 6	7.1 le 27
Mars	—	—	9	13	7	2	—	—	-4.0 le 24	12.3 le 18
Avril	—	—	—	10	11	9	—	—	+1.2 le 24	14.4 le 18
Mai	—	—	—	2	8	14	4	3	3.5 le 19	21.3 le 29
Juin	—	—	—	—	2	14	11	3	8.6 le 2	23.7 le 27
Juillet . . .	—	—	—	—	1	4	18	8	8.9 le 13	22.7 le 19
Août	—	—	—	—	—	4	15	12	10.3 le 19	23.9 le 3
Sept	—	—	—	—	9	11	1	9	8.1 le 26	23.1 le 2
Octobre . .	—	—	—	—	8	19	4	—	5.3 le 14	17.2 les 3 et 11
Nov	—	—	—	15	12	3	—	—	+0.9 le 15	10.8 le 18
Déc	1	10	14	6	—	—	—	—	-10.9 le 29	3.8 le 5
An. mét.	—	6	55	73	63	80	53	35	-9.1 le 24 janv.	+23.9 le 3 août.
An. civ. .	1	16	47	71	62	80	53	35	-10.9 le 29 déc.	id.

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1906.

Période	Nombre de jours dont la température est comprise entre								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-15° et -10°	-10° et -5°	-5° et 0°	0° et +5°	+5° et +10°	+10° et +15°	+15° et +20°	+20° et +25°		
Déc. 1905	—	—	9	21	1	—	—	—	-3°.8 le 31	+5°.3 le 8
Janv. 1906	2	4	11	11	3	—	—	—	-11.1 le 24	6.3 le 13
Février . .	—	10	13	5	—	—	—	—	-7.6 le 9	3.8 le 26
Mars	—	5	10	9	6	1	—	—	-7.3 le 24	11.2 le 18
Avril	—	—	3	14	13	—	—	—	-2.3 le 24	9.6 le 18
Mai	—	—	—	8	8	11	4	—	+0.4 le 19	19.1 le 31
Juin	—	—	—	1	8	14	6	1	4.7 le 2	20.6 le 27
Juillet . . .	—	—	—	—	3	15	12	1	5.2 le 13	20.0 le 19
Août	—	—	—	—	3	8	15	5	7.0 le 19	23.6 le 2
Sept.	—	—	—	—	19	1	7	3	5.0 le 25	20.8 le 8
Octobre . .	—	—	—	3	9	19	—	—	+2.2 le 14	14.7 le 3
Nov	—	—	3	15	9	3	—	—	-1.9 le 20	11.7 le 6
Déc	1	14	13	3	—	—	—	—	-10.3 le 29	2.6 le 5
An. mét.	2	19	49	87	82	72	44	10	-11.1 le 24 jan.	+23.6 le 2 août.
An. civ. .	3	33	53	69	81	72	44	10	id.	id.

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1906.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1905....	– 6.4	le 19	+ 8.4	le 8	25	7
Janvier 1906..	–11.0	le 25	9.8	le 6	19	6
Février	– 7.6	les 6 et 10	11.0	le 27	25	5
Mars	– 5.2	le 25	19.4	le 18	18	1
Avril	– 0.6	le 1	20.2	le 12	1	—
Mai	– 0.2	le 1	30.0	le 31	1	—
Juin.........	+ 6.0	le 6	30.0	le 27	—	—
Juillet	7.8	le 14	28.8	le 19	—	—
Août	5.8	le 20	30.8	le 2	—	—
Septembre ...	3.8	le 26	30.0	le 5	—	—
Octobre......	+ 2.4	le 15	24.0	le 11	—	—
Novembre....	– 1.4	le 15	19.0	le 6	4	—
Décembre. ...	–12.6	le 29	5.0	les 5 et 6	28	18
Année mét...	–11.0	le 25 janv.	+30.8	le 2 août.	93	19
Année civile..	–12.6	le 29 déc.		id.	96	30

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1906.

Période	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°
	°		°			
Déc. 1905....	– 6.8	le 31	+ 8.7	le 8	29	1
Janvier 1906..	–14.3	le 25	11.3	le 6	29	7
Février	–11.8	le 10	6.0	les 19 et 27	28	19
Mars	– 9.6	le 25	16.7	le 18	23	9
Avril.	– 4.7	le 1	15.5	le 12	13	—
Mai	– 2.9	le 2	25.5	le 31	5	—
Juin.........	+ 2.4	le 2	24.0	le 27	—	—
Juillet	4.0	les 13 et 14	26.2	le 19	—	—
Août	+ 4.1	le 19	28.0	le 2	—	—
Septembre ...	0.0	le 17	25.1	le 5	—	—
Octobre......	– 1.0	le 15	19.4	le 11	2	—
Novembre....	– 4.9	le 21	15.0	le 6	14	1
Décembre. ...	–14.6	le 31	5.4	le 3	31	21
Année mét ...	–14.3	le 25 janv.	+28.0	le 2 août	143	37
Année civile..	–14.6	le 31 déc.		id.	145	57

l'observatoire de Genève. D'après ces deux tableaux, *l'amplitude extrême* de la température est de 41°.8 à Savatan et de 42°.3 à Dailly.

III. *Pression atmosphérique.*

Rappelons tout d'abord que, à partir du 1er décembre 1903, les corrections des baromètres de Savatan et de Dailly ont été modifiées d'après les comparaisons faites le 7 octobre 1903. Elles sont actuellement de + 1mm.56 pour Savatan et de + 0mm.70 pour Dailly.

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes, prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période.

On ne peut naturellement pas, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la *variation diurne* de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une différence assez sensible dans l'allure des oscillations diurnes des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564m.75[1].

Si l'on suit la *variation annuelle* de la pression atmosphérique par les valeurs des pressions moyennes des mois, on constate, aux deux stations, une pression maximum très marquée en décembre 1905, maximum

[1] Voir la remarque au début de l'Introduction.

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN, 1906.

Période	Pression moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.
Décembre 1905	709.12	+ 0.16	- 0.17	+ 0.01
Janvier 1906	706.90	- 0.02	- 0.20	+ 0.22
Février	699.75	+ 0.04	- 0.25	+ 0.21
Mars	702.92	- 0.05	- 0.34	+ 0.39
Avril	703.97	+ 0.22	- 0.23	+ 0.01
Mai	702.25	- 0.07	- 0.32	+ 0.39
Juin	705.13	+ 0.35	- 0.41	+ 0.06
Juillet	705.79	+ 0.13	- 0.23	+ 0.10
Août	707.17	+ 0.23	- 0.32	+ 0.09
Septembre	707.36	+ 0.42	- 0.31	- 0.11
Octobre	704.17	+ 0.39	- 0.41	+ 0.02
Novembre	704.35	- 0.07	- 0.19	+ 0.26
Décembre	702.15	+ 0.19	- 0.41	+ 0.22
Hiver	705.44	+ 0.06	- 0.21	+ 0.15
Printemps	703.04	+ 0.03	- 0.30	+ 0.27
Eté	706.04	+ 0.24	- 0.32	+ 0.08
Automne	705.28	+ 0.25	- 0.31	+ 0.06
Année météorologique	704.95	+ 0.14	- 0.28	+ 0.14
Année civile	704.35	+ 0.15	- 0.31	+ 0.16

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY, 1906.

Période	Pression moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.
Décembre 1905	661.51	+ 0.32	- 0.18	- 0.14
Janvier 1906	659.51	+ 0.12	- 0.40	+ 0.28
Février	652.26	+ 0.22	- 0.07	- 0.15
Mars	655.63	- 0.13	- 0.10	+ 0.23
Avril	656.98	+ 0.29	- 0.14	- 0.15
Mai	656.02	+ 0.09	- 0.01	- 0.08
Juin	659.71	+ 0.05	- 0.20	+ 0.15
Juillet	660.54	+ 0.04	- 0.06	+ 0.02
Août	662.29	+ 0.12	- 0.07	- 0.05
Septembre	661.91	+ 0.15	- 0.21	+ 0.06
Octobre	658.34	+ 0.26	- 0.15	- 0.11
Novembre	657.50	+ 0.08	- 0.16	+ 0.08
Décembre	654.32	+ 0.30	- 0.25	- 0.05
Hiver	657.94	+ 0.22	- 0.22	0.00
Printemps	656.20	+ 0.08	- 0.08	0.00
Eté	660.86	+ 0.07	- 0.11	+ 0.04
Automne	659.24	+ 0.16	- 0.17	+ 0.01
Année météorologique	658.56	+ 0.13	- 0.14	+ 0.01
Année civile	657.95	+ 0.13	- 0.15	+ 0.02

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1906.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1905	694.8 le 29	716.7 le 11	21.9
Janvier 1906	691.3 le 8	713.1 le 28	21.8
Février	688.1 le 11	711.3 le 1	23.2
Mars	684.9 le 23	715.6 le 7	30.7
Avril	690.3 le 18	711.8 le 6	21.5
Mai	690.5 le 17	711.5 le 5	21.0
Juin	697.7 le 1	711.1 le 20	13.4
Juillet	700.3 le 5	709.8 le 8	9.5
Août	701.4 le 14	710.9 le 30	9.5
Septembre	698.6 le 15	714.8 le 27	16.2
Octobre	684.9 le 31	709.9 le 23	25.0
Novembre	686.0 le 7	717.9 le 24	31.9
Décembre	685.5 le 27	711.9 le 21	26.4
Année météorologique.	684.9 les 23 mars.	717.9 le 24 nov.	33.0
Année civile	id. et 31 octob.	id.	33.0

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1906.

Période	Minimum	Maximum	Amplitude
	mm	mm	mm
Décembre 1905	648.9 le 29	667.9 le 12	19.0
Janvier 1906	645.6 le 8	665.9 le 28	20.3
Février	642.6 le 11	662.9 le 1	20.3
Mars	639.0 le 23	668.1 le 6	29.1
Avril	645.1 le 29	665.0 le 11	19.9
Mai	643.9 le 17	665.5 le 29	21.6
Juin	652.8 le 15	665.0 le 21	12.2
Juillet	656.0 le 5	663.5 le 17	7.5
Août	657.5 le 18	665.8 le 31	8.3
Septembre	655.2 le 15	667.8 le 27	12.6
Octobre	640.5 le 31	663.5 le 23	23.0
Novembre	642.2 le 7	670.7 le 24	28.5
Décembre	638.3 le 27	663.7 le 3	25.4
Année météorologique.	639.0 le 23 mars	670.7 le 24 nov.	31.7
Année civile	638.3 le 27 déc.	id.	32.4

principal pour Savatan ; puis le minimum principal en février, suivi d'un maximum secondaire faible en avril et d'un minimum relatif secondaire en mai ; puis vient un deuxième maximum en août et septembre qui est le maximum principal pour Dailly en août ; enfin on constate un dernier minimum assez accusé en décembre 1906.

Les *tableaux IX* et *X* reproduisent, pour les deux

stations, les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique, relevées sur les tableaux conservés à l'observatoire de Genève et contenant toutes les valeurs de la pression mesurée trois fois par jour et réduite à zéro.

IV. *Humidité de l'air.*

Les *tableaux XI* et *XII* fournissent, pour Savatan et Dailly et pour les treize mois, les saisons et l'année : d'abord les valeurs moyennes de la fraction de saturation aux heures des trois observations diurnes, puis la valeur de la *fraction de saturation moyenne*, enfin les minima et les maxima absolus; lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Une dernière colonne fournit, par symétrie avec les tableaux analogues des résumés pour Genève et le Grand Saint-Bernard, la *fréquence relative de la saturation*.

Cette année, la fraction de saturation moyenne est sensiblement plus faible à Savatan qu'à Dailly. La variation annuelle est loin d'être la même aux deux stations : tandis qu'à Savatan la saison la plus humide est l'hiver, avec 72 °/₀ et un maximum de 78 °/₀ en décembre 1905, c'est le printemps qui est le plus humide à Dailly, avec 75 °/₀. Quant à la saison la plus sèche, c'est l'été à Savatan avec 64 °/₀ et un minimum de 58 °/₀ en août, tandis qu'à Dailly c'est l'automne avec 71 °/₀. Les mois extrêmes sont à Dailly : minimum de 66 °/₀ en décembre 1905 et maximum de 81 °/₀ en février 1906. D'une façon générale la variation annuelle est moins forte à Dailly qu'à Savatan.

Il n'y a pas eu de minima très bas. Quant aux cas de

XI. Fraction de saturation en %. SAVATAN, 1906.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen*	Minim. absolu	Maxim. absolu		Fréquence relative de la saturation
Déc. 1905..	79	75	80	78	35	100	11 fois	0.118
Janv. 1906.	72	64	69	68	23	100	6 »	0.065
Février....	74	62	72	69	32	100	7 »	0.083
Mars......	72	62	64	66	28	100	7 »	0.075
Avril	72	55	62	63	27	100	8 »	0.089
Mai.......	75	61	65	67	40	100	7 »	0.075
Juin	80	55	61	65	43	100	1 »	0.011
Juillet	80	62	65	69	39	100	8 »	0.085
Août	68	52	53	58	27	100	1 »	0.011
Septembre.	74	55	61	63	33	100	3 »	0.033
Octobre ...	69	61	68	66	29	100	3 »	0.032
Novembre .	76	69	77	74	32	100	6 »	0.067
Décembre .	76	72	76	75	28	100	14 »	0.151
Hiver.	75	67	74	72	23	100	24 fois	0.089
Printemps.	73	59	64	65	27	100	22 »	0.080
Eté.......	76	56	60	64	27	100	10 »	0.036
Automne..	73	62	69	68	29	100	12 »	0.044
Année mét.	74	61	66	67	23	100	68 fois	0.062
Année civ.	74	61	66	67	23	100	71 »	0.065

XII. Fraction de saturation en %. DAILLY, 1906.

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyen*	Minim. absolu	Maxim. absolu		Fréquence relative de la saturation
Déc. 1905..	65	64	68	66	34	100	14 fois	0.151
Janv. 1906.	77	64	71	71	26	100	27 »	0.290
Février....	86	74	83	81	25	100	38 »	0.452
Mars......	79	74	77	77	24	100	33 »	0.355
Avril	81	68	74	74	31	100	28 »	0.311
Mai	79	70	76	75	27	100	28 »	0.301
Juin......	85	67	79	77	42	100	17 »	0.189
Juillet	86	74	78	79	42	100	16 »	0.172
Août	74	60	67	67	27	100	10 »	0.108
Septembre.	80	64	71	72	32	100	20 »	0.222
Octobre ...	76	62	71	70	30	100	16 »	0.172
Novembre .	73	63	74	70	25	100	17 »	0.189
Décembre .	79	68	78	75	25	100	27 »	0.290
Hiver.	76	67	74	72	25	100	79 fois	0.293
Printemps.	79	71	76	75	24	100	89 »	0.322
Eté.......	82	67	75	74	27	100	43 »	0.156
Automne..	76	63	72	71	25	100	53 »	0.194
Année mét.	78	67	74	73	24	100	264 fois	0.241
Année civ.	79	67	75	74	24	100	277 »	0.253

saturation, ils sont quatre fois plus fréquents à Dailly qu'à Savatan, surtout à cause des mois d'hiver et de printemps pendant lesquels le brouillard a été fréquent en haut.

V. *Nébulosité.*

Dans le *tableau XIII*, la nébulosité ou l'*état du ciel* aux trois stations où il est observé est indiqué de deux manières différentes : 1° par les nombres de jours *clairs, peu nuageux, très nuageux* et *couverts*, ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0.0 et 2.5, 2.5 et 5.0, 5.0 et 7.5, 7.5 et 10.0; 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période, ces valeurs moyennes étant d'ailleurs déduites des valeurs de la nébulosité des différents jours, fournies dans les tableaux mensuels.

Il y a, cette année, une bonne concordance pour la nébulosité entre les trois stations : février a été partout le mois le plus nébuleux, et août le plus clair, sauf à Dailly, à cause de la clarté encore supérieure de décembre 1905.

Le *tableau XIV* donne la statistique des *jours de brouillard* aux trois stations. Les nombres qui figurent au tableau comprennent les jours où le brouillard a été noté pendant une partie de la journée ou pendant tout le jour. Ce dernier cas est rare; il n'a été constaté, en 1906, que treize fois à l'Aiguille.

Si l'on compare les quatre stations entre elles, on trouve que le nombre des cas de brouillard est rare à Lavey au fond de la vallée et augmente avec la hauteur.

Le nombre est maximum à l'Aiguille, ce qui ne doit pas étonner, vu que très souvent le sommet du territoire des forts est enveloppé de nuages. Au reste il y a eu, en 1906, sensiblement moins de jours de brouillard aux quatre stations qu'en 1905.

XIII. État du Ciel, 1906.

Période.	Lavey: Jours clairs.	Lavey: Jours peu nuag.	Lavey: Jours très nuag.	Lavey: Jours couverts.	Lavey: Nébulosité moyenne.	Savatan: Jours clairs.	Savatan: Jours peu nuag.	Savatan: Jours très nuag.	Savatan: Jours couverts.	Savatan: Nébulosité moyenne	Dailly: Jours clairs.	Dailly: Jours peu nuag.	Dailly: Jours très nuag.	Dailly: Jours couverts.	Dailly: Nébulosité moyenne.
Déc. 1905 ..	12	9	3	7	4.1	14	8	1	8	3.9	21	4	2	4	2.5
Janv. 1906..	6	9	6	10	5.2	10	8	4	9	4.7	12	4	9	6	4.6
Février	3	9	3	13	6.3	2	8	7	11	6.1	4	6	6	12	6.3
Mars	11	4	4	12	5.2	11	3	4	13	5.4	9	6	6	10	5.1
Avril	7	4	9	10	5.7	7	7	7	9	5.1	7	5	6	12	5.6
Mai........	6	10	4	11	5.6	7	10	4	10	5.4	5	11	5	10	5.7
Juin........	9	9	6	6	4.5	10	6	9	5	4.6	13	8	3	6	4.2
Juillet	8	9	4	10	5.0	11	7	5	8	4.7	11	6	6	8	4.6
Août........	16	4	8	3	3.1	16	6	8	1	2.8	17	7	5	2	2.7
Septembre..	16	6	3	5	3.1	17	4	3	6	3.5	14	6	4	6	3.6
Octobre	11	8	4	8	4.4	13	6	5	7	4.5	15	6	3	7	3.7
Novembre. .	4	6	11	9	5.8	8	6	8	8	5.2	11	4	7	8	4.6
Décembre..	13	4	1	13	4.9	12	5	2	12	5.1	13	4	1	13	4.9
Hiver......	21	27	12	30	5.2	26	24	12	28	4.9	37	14	17	22	4.4
Printemps .	24	18	17	33	5.5	25	20	15	32	5.3	21	22	17	32	5.5
Été........	33	22	18	19	4.2	37	19	22	14	4.0	41	21	14	16	3.8
Automne...	31	20	18	22	4.4	38	16	16	21	4.4	40	16	14	21	4.0
Année mét..	109	87	65	104	4.8	126	79	65	95	4.6	139	73	62	91	4.4
Année civ. .	110	82	63	110	4.8	124	76	66	99	4.7	131	73	61	100	4.6

XIV. Nombre de jours de brouillard en 1906.

Période	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1905	1	3	0	2
Janvier 1906	0	1	1	7
Février	0	1	0	6
Mars	0	1	6	11
Avril	0	1	3	11
Mai	0	1	2	8
Juin	0	0	0	2
Juillet	0	2	2	6
Août	0	0	1	3
Septembre	1	1	2	6
Octobre	0	1	0	6
Novembre	1	2	2	5
Décembre	0	1	1	9
Année météorologique	3	14	19	73
Année civile	2	12	20	80

VI. *Pluie et neige.*

Le *tableau XV* contient le relevé de tout ce qui concerne les précipitations atmosphériques dans leur ensemble : hauteur d'eau tombée et nombre de jours de précipitations, d'après les chiffres des tableaux mensuels.

L'année 1905 avait été très humide aux fortifications de Saint-Maurice. C'est la plus humide, de beaucoup, depuis que l'on y fait des observations pluviométriques. On peut dire exactement le contraire de l'année 1906. Sans avoir été une année très sèche comme à Genève, elle a été sèche aux fortifications de Saint-Maurice et c'est la plus sèche depuis 1898 où l'on mesure la pluie. Ceci n'est strictement vrai cependant que pour les trois stations supérieures. A l'*Aiguille* on avait recueilli moins d'eau encore en 1898 et en 1899 qu'en 1906, mais cela tient, comme nous l'avons déjà remarqué souvent, à l'installation défectueuse du pluviomètre de cette station au début des observations.

XV. Précipitations atmosphériques dans l'année 1906.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm.				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	mm.	mm.	mm.	mm.				
Déc. 1905 ...	35.9	34.7	39.7	30.9	4	4	4	5
Janv. 1906 ..	51.7	52.9	58.1	43.3	10	8	14	13
Février	62.5	55.1	91.5	66.4	13	14	17	17
Mars	75.0	75.2	104.2	81.4	12	13	15	13
Avril	48.1	55.3	83.6	78.2	9	11	14	14
Mai.........	67.0	69.6	69.6	51.6	14	13	17	17
Juin	48.6	43.5	43.7	43.7	5	7	10	10
Juillet	110.3	108.2	137.9	155.0	11	11	15	15
Août........	40.0	33.9	47.3	42.8	7	9	8	8
Septembre...	41.0	33.4	43.7	44.1	7	6	9	8
Octobre	52.5	63.6	61.6	49.4	4	5	8	8
Novembre...	44.6	42.4	47.8	47.1	13	12	13	12
Décembre ...	129.8	138.4	175.8	156.7	13	15	17	17
Hiver.......	150.1	142.7	189.3	140.6	27	26	35	35
Printemps ..	190.1	200.1	257.4	211.2	35	37	46	44
Été	198.9	185.6	228.9	241.5	23	27	33	33
Automne....	138.1	139.4	153.1	140.6	24	23	30	28
Année mét..	677.2	667.8	828.7	733.9	109	113	144	140
Année civile.	771.1	771.5	964.8	859.7	118	124	157	152

A Genève il n'est tombé que 584 millimètres d'eau : c'est peu. Aux fortifications de Saint-Maurice l'année a été relativement moins sèche et au Grand Saint-Bernard le déficit d'eau est faible, la chute annuelle ayant été de 1201 millimètres. Dans toutes les stations la pluie a été minimum en août et en septembre et l'été et l'automne ont été des saisons sèches.

Si l'on néglige, pour les quatre stations de Saint-Maurice ainsi que pour Genève et le Grand Saint-Bernard, les jours où il est tombé moins d'un millimètre d'eau, on trouve pour les nombres de jours de pluie les chiffres suivants :

Station Altitude	Genève (406m)	Lavey (430m)	Savatan (671m)	Dailly (1250m)	Aiguille (1446m)	St-Bernard (2475m)
Année météorol.	85	90	87	103	102	94
Année civile	91	98	98	115	114	106

Les chiffres de Saint-Maurice concordent moins bien entre eux que précédemment, à cause de la plus grande fréquence de la pluie à Dailly et à l'Aiguille. En revanche ils concordent bien avec Genève et le Grand Saint-Bernard pour les deux stations inférieures.

Si l'on compare maintenant les quatre stations des forts de Saint-Maurice entre elles, au point de vue de la hauteur d'eau recueillie, on trouve, comme toujours, le maximum à Dailly et une quantité croissante avec l'altitude. A l'Aiguille, la quantité d'eau est toujours moindre qu'à Dailly, probablement à cause du vent qui souffle plus fort à cette altitude sur l'arête assez étroite de la montagne.

Le *tableau XVI* donne les totaux des hauteurs de neige mesurées aux quatre stations, ainsi que les nombres de jours de neige. Comme il est naturel, la quantité de neige croît régulièrement avec la hauteur. En 1906, la neige a fait sa dernière apparition en mai à Dailly et à l'Aiguille. Elle a reparu aux deux stations supérieures en octobre, à Savatan en novembre, et à Lavey en décembre.

Enfin, si l'on fait le relevé du temps pendant lequel la neige a séjourné sur le sol, on trouve les chiffres contenus dans le *tableau XVII*.

Dans l'hiver 1905-1906, la neige a persisté sans interruption du 8 novembre au 15 avril à l'Aiguille, du 8 novembre au 6 mars à Dailly et du 19 janvier au 28 février à Savatan. A Lavey elle n'a pas persisté un mois entier de suite.

Le nombre des *orages* constatés aux forts de Saint-Maurice est donné dans le petit tableau suivant; il comprend tous ceux qui ont été notés à l'une ou à

XVI. Neige dans l'année 1906.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombre de jours de neige			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	cm.	cm.	cm.	cm.				
Déc. 1905....	—	—	26	33	—	—	4	5
Janv. 1906...	6	18	38	58	2	4	10	12
Février......	23	60	79	103	7	13	15	16
Mars.........	21	36	62	87	6	5	8	9
Avril........	—	—	51	62	—	—	5	6
Mai..........	—	—	15	38	—	—	3	3
....								
Octobre......	—	—	12	18	—	—	1	1
Novembre ...	—	2	11	26	—	1	3	5
Décembre ...	74	112	152	233	9	13	16	16
Année mét...	50	116	294	425	15	23	49	57
Année civile..	124	228	420	625	24	36	61	68

XVII. Nombre de jours où la neige a persisté sur le sol en 1906.

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1905	—	—	31	31
Janvier 1906	5	14	31	31
Février.................	11	28	28	28
Mars....................	6	8	20	31
Avril....................	—	—	7	22
Mai.....................	—	—	4	7
....				
Octobre................	—	—	1	2
Novembre..............	—	1	5	7
Décembre..............	23	29	30	30
Année météorologique...	22	51	127	159
Année civile............	45	80	126	158

l'autre des quatre stations. Il y en a le même nombre qu'en 1903 et moins qu'en 1902, 1904 et 1905 :

Orages en 1906.

Janvier	1	Juillet	4
. . . . .		Août	2
Mai	2	. . . . .	
Juin	5	Octobre	1

Année (météorologique ou civile) 15

Les observations du *fœhn* ont continué en 1906 aux quatre stations. Les indications des observateurs correspondent à des coups de vent violents venant du sud et accompagnés d'une hausse de la température et d'une diminution de la valeur de la fraction de saturation. Nous les avons classés par mois et par stations, et les chiffres sont donnés au tableau suivant :

Nombre de jours de fœhn en 1906.

Mois	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Décembre 1905	2	2	2	—
Janvier 1906	1	1	1	—
Février	3	3	1	—
Mars	4	4	1	—
Avril	4	4	4	2
.....				
Août	1	1	1	1
Septembre	—	—	—	—
Octobre	2	2	2	2
Novembre	2	2	1	1
Décembre	2	2	—	—
Année météorol.	19	19	13	6
» civile	19	19	11	6

Les nombres de ce tableau sont assez semblables à ceux des années précédentes pour les stations inférieures. Il y a moins de cas de fœhn pour Dailly qu'en 1905 mais encore sensiblement plus qu'en 1904 et en 1903. Le maximum de fréquence est toujours en hiver et au printemps ; il y en a très peu en été et de nouveau un peu plus en automne.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

PENDANT LES MOIS DE

Mars, Avril et Mai 1907

(PRINTEMPS 1907.)

OBSERVATIONS DIVERSES

Mars 1907.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : le 10 à Savatan; les 6 et 7 à Dailly; les 7, 11 et 14 à l'Aiguille.

Neige sur le sol : les 14 et 15 à Lavey; du 1 au 20 à Savatan; tout le mois à Dailly et à l'Aiguille.

Fœhn du 4 au 5 à Lavey et à Savatan.

Avril 1907.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 10, 16 et 17 à Savatan; les 13, 15 et 17 à Dailly; les 4, 5, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 27, 28, 29 et 30 à l'Aiguille. — *Brouillard pendant tout le jour* : le 14 à Dailly et à l'Aiguille.

Neige sur le sol: les 5, 8, 10 et 11, du 16 au 19 et du 28 au 30 à Dailly; tout le mois à l'Aiguille.

Fœhn le 3 à Savatan.

Mai 1907.

Brouillard. — *Brouillard pendant une partie de la journée* : les 15, 20 et 30 à l'Aiguille.

Neige sur le sol: du 1 au 3, et les 19 et 20 à Dailly; du 1 au 4 et du 18 au 20 à l'Aiguille.

Orages la nuit du 26 au 27 et le 31 au soir.

Grêle le 31 à Dailly.

MOIS DE MARS 1907

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	710.6	662.5	+ 0.4	+ 1.9	68	61	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
2	709.8	661.9	1.4	+ 2.8	58	40	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.6	658.4	0.6	− 1.1	70	75	4	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
4	705.7	658.0	1.7	− 1.0	60	72	6	5	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.5	660.3	2.8	− 1.0	41	46	3	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
6	705.8	658.2	1.9	− 1.8	62	71	6	9	7	3.2	....	2.0	....	4.7	3	3.2	3
7	708.4	660.6	1.5	− 2.0	93	100	9	9	6	....	....	....	....	0.2	....	0.1	....
8	708.4	660.4	0.9	− 1.4	85	87	10	10	10	3.0	....	2.8	....	4.8	3	5.2	5
9	708.7	660.8	1.2	− 2.6	71	98	10	10	10	2.0	....	5.4	**5**	9.6	10	7.2	12
10	705.7	659.3	+ 1.6	+ 2.3	100	90	10	10	10	16.0	....	**20.2**	1	14.0	3	12.7	4
11	**700.5**	**653.1**	− 1.1	− 1.7	85	100	7	7	9	**22.0**	....	19.0	3	**18.6**	**35**	**24.2**	**42**
12	708.9	659.3	− **3.3**	− **8.5**	47	69	1	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
13	708.2	660.0	− 3.2	− 6.8	54	73	7	5	4	1.5	1	1.0	2	1.4	3	1.3	2
14	702.9	655.5	− 0.2	− 4.0	68	91	10	10	10	2.0	**2**	1.0	1	4.2	6	6.2	12
15	708.3	660.5	− 0.6	− 3.6	56	69	7	7	7	....	....	....	....	....	....	....	....
16	707.1	660.0	+ 4.1	+ 3.1	52	55	5	6	5	....	....	....	....	....	....	....	....
17	704.5	657.7	5.6	3.3	54	58	8	7	7	....	....	....	....	0.2	....	0.2	....
18	707.0	660.6	4.9	4.1	88	90	10	10	10	3.0	....	6.9	....	5.9	....	3.4	....
19	708.3	662.0	3.7	1.8	90	100	8	7	7	15.0	....	13.5	....	11.1	....	10.4	5
20	712.1	664.6	6.5	4.5	48	42	3	3	3	....	....	0.1	....	0.4	....	0.9	....
21	**713.2**	665.1	4.1	2.0	41	51	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	712.7	**665.2**	3.8	2.9	**37**	**35**	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	707.4	660.5	5.3	+ 1.9	43	52	5	3	4	....	....	....	....	....	....	....	....
24	707.1	659.0	2.6	− 1.7	51	78	1	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
25	710.2	662.9	3.8	− 0.6	62	77	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	709.5	662.1	3.3	+ 1.6	61	63	0	2	0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	708.6	661.3	5.2	2.7	85	64	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	707.8	660.9	5.5	2.4	81	75	0	1	1	....	....	....	....	....	....	....	....
29	705.7	659.3	6.3	3.3	72	63	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	703.1	656.7	7.9	5.9	58	57	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
31	703.1	656.8	+ **9.5**	+ **6.4**	50	51	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
MOIS	707.56	660.11	+ 2.83	+ 0.49	64	70	4.2	4.2	3.9	67.7	3	71.9	12	75.1	63	75.0	85

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1907

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
1re décade...	708.23	707.58	707.66	707.82	660.11	660.04	659.95	660.03
2me » ...	706.54	706.18	707.63	706.78	658.90	659.20	659.86	659.32
3me » ...	708.55	707.82	707.73	708.04	661.16	660.87	660.65	660.89
Mois..	707.80	707.22	707.67	707.56	660.09	660.06	660.17	660.11

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
	Savatan					
	o	o	o	o	o	o
1re décade...	− 0.32	+ 3.14	+ 1.40	+ 1.41	− 1.2	+ 4.3
2me » ...	− 0.46	3.36	2.02	1.64	− 1.8	5.5
3me » ...	+ 1.90	8.53	5.22	5.21	+ 1.0	11.0
Mois..	+ 0.42	+ 5.12	+ 2.95	+ 2.83	− 0.6	+ 7.1
	Dailly					
1re décade..	− 1.56	+ 1.24	− 0.83	− 0.38	− 4.2	+ 2.7
2me » ...	− 2.06	0.63	− 0.90	− 0.78	− 5.4	2.8
3me » ...	− 0.65	5.06	+ 2.89	+ 2.43	− 2.1	6.5
Mois..	− 1.40	+ 2.40	+ 0.46	+ 0.49	− 3.9	+ 4.1

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	74	65	73	71	77	69	76	74
2me » ...	68	60	64	64	78	68	78	75
3me » ...	65	53	57	58	69	55	58	61
Mois..	69	59	64	64	74	64	71	70

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h.m.	1 h.s.	9 h.s.	Moyenne	7 h.m.	1 h.s.	9 h.s.	Moyenne	7 h.m.	1 h.s.	9 h.s.	Moyenne
1re décade...	5.3	6.1	6.0	5.8	5.8	5.8	5.6	5.7	4.6	5.7	4.6	5.0
2me » ...	5.8	7.4	6.3	6.5	5.8	6.9	6.1	6.3	5.7	6.9	6.7	6.4
3me » ...	0.9	0.7	0.0	0.5	1.2	1.5	0.1	0.9	0.9	0.7	0.0	0.5
Mois..	3.9	4.6	4.0	4.2	4.2	4.6	3.8	4.2	3.6	4.3	3.6	3.9

MOIS D'AVRIL 1907

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Savatan	Hygromèt. Fraction de saturation moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Lavey	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm	mm.	o	o	°/o	°/o				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	700.9	655.5	+ 9.9	+ 6.6	52	51	5	4	3	....	....	....	....	....	....	....	....
2	697.4	652.4	9.0	6.0	53	58	4	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
3	690.2	645.8	9 9	5.6	**45**	50	0	3	3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	**687.2**	**642.2**	6.6	2.5	91	93	7	10	8	12.0	....	8.8	....	12.1	1	10.4	7
5	693.3	646.0	6.3	2.8	85	93	6	6	5	2.5	....	1.0	....	0.8	....	0.8	....
6	695.9	649.4	7.7	3.8	63	75	4	4	2	....	....	....	....	....	....	....	....
7	695.2	648.7	5.6	+ 3.4	64	61	4	5	3	6.0	....	4.7	....	4.9	3	2.5	6
8	698.7	650.9	2.8	− 0.5	85	97	6	5	7	....	....	....	....	1.2	....	1.1	2
9	698.5	651.5	4.5	+ 0.8	61	69	8	5	5	4.0	....	2.6	....	1.8	1	1.7	4
10	697.6	650.8	3.0	0.7	88	90	10	6	10	5.0	....	2.2	....	2.8	3	6.2	8
11	698.6	651.5	5.1	1.8	70	75	8	5	5	....	....	....	....	0.2	....	0.1	....
12	694.3	649.3	6.3	3.2	63	64	8	9	8	....	....	....	....	....	....	....	....
13	693.0	647 5	7.2	2.8	94	100	10	10	9	....	....	....	....	....	....	....	....
14	693.8	646.7	5.8	2.0	91	100	10	10	10	2.0	....	1.9	....	1.7	....	2.8	3
15	689.7	645.5	5.9	1.8	91	100	10	9	10	16.5	....	16.8	....	14.5	8	**17.8**	17
16	688.9	641.2	3.5	1.3	100	100	10	10	10	5.5	....	5.2	....	4.5	6	5.4	9
17	691.7	645.3	3.5	+ 1.0	100	100	10	10	10	6.2	....	5.0	....	4.7	5	6.2	8
18	696.0	649.7	4.6	− 0.2	100	95	10	10	10	....	....	1.0	....	4.8	4	5.3	6
19	699.5	652.4	3.1	− 1.4	76	86	9	10	9	....	....	....	....	0.1	....	0.8	2
20	703.9	656.6	3.5	− 0.3	64	66	3	4	8	....	....	....	....	....	....	....	....
21	706.7	659.7	4.8	+ 2.8	59	51	0	1	0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	710.2	663.5	8.9	5.9	50	**42**	5	1	3	....	....	....	....	....	....	....	....
23	**711.7**	**665.4**	10.7	7.2	56	53	2	1	2	....	....	....	....	....	....	....	....
24	711.1	665.1	13.2	9.2	54	64	6	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
25	708.3	662.4	14.1	**10.0**	53	56	1	3	2	....	....	....	....	....	....	....	....
26	699.7	655.9	**14.7**	9.7	52	65	5	6	3	12.0	....	8 6	....	3.6	....	6.8	....
27	693.7	648.8	4.1	+ 0.4	85	98	10	10	10	3.0	....	1.1	....	4.5	4	3.4	4
28	695.8	648.5	1.5	− 2.7	77	98	10	10	10	....	....	5.0	....	1.7	3	4.6	8
29	699.4	652.4	**1.3**	**− 3.9**	90	88	7	10	10	3.0	....	....	....	7.0	6	3.1	5
30	702.1	655.0	+ 3.7	+ 0.4	95	100	10	10	10	**20.0**	....	**25.7**	**2**	**32.8**	**15**	15.6	**29**
Mois	698.10	651.95	+ 6.36	+ 2.76	74	78	6.6	6.7	6.5	97.7	....	89.6	2	103.7	59	91.6	118

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1907

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	695.82	694.97	695.69	695.50	649.31	649.32	649.36	649.33
2me » ...	694.51	694.65	695.61	694.93	648.53	648.77	649.32	648.88
3me » ...	703.92	704.11	703.61	703.88	657.58	657.83	657.56	657.66
Mois..	698.08	697.91	698.30	698.10	651.81	651.97	652.08	651.95

Température.

	Savatan					
	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Moyenne °	Minim. moyen °	Maxim. moyen °
1re décade...	+ 3.78	+ 9.82	+ 6.00	+ 6.53	+ 2.9	+11.6
2me » ...	3.24	7.10	4.20	4.85	2.3	8.5
3me » ...	4.57	10.64	7.86	7.69	3.5	12.6
Mois..	+ 3.86	+ 9.19	+ 6.02	+ 6.36	+ 2.9	+10.9

	Dailly					
1re décade...	+ 1.16	+ 5.78	+ 2.56	+ 3.17	- 0.6	+ 7.3
2me » ...	0.23	2.45	0.93	1.20	- 1.7	3.6
3me » ...	2.49	6.17	3.06	3.91	- 0.3	7.7
Mois..	+ 1.29	+ 4.80	+ 2.18	+ 2.76	- 0.9	+ 6.2

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	79	58	69	69	84	64	73	74
2me » ...	92	75	87	85	93	84	89	89
3me » ...	76	60	65	67	75	68	72	71
Mois..	83	64	74	74	84	72	78	78

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.1	5.5	5.3	5.3	5.9	6.8	2.5	5.1	4.7	6.4	3.3	4.8
2me » ...	9.1	8.8	8.6	8.8	9.4	8.9	8.0	8.8	9.1	9.3	8.3	8.9
3me » ...	5.2	6.3	5.2	5.6	5.3	6.4	6.5	6.1	5.2	5.9	6.0	5.7
Mois..	6.5	6.9	6.4	6.6	6.9	7.4	5.7	6.7	6.3	7.2	5.9	6.5

MOIS DE MAI 1907

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Hygromèt. Fraction de saturation moyenne		Nébulosité moyenne			Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
										Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Lavey	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°	%	%				mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	703.7	655.8	+ **0.6**	− **1.9**	99	100	10	10	10	3.0	....	2.2		6.4	**5**	8.4	6
2	705.6	658.3	5.1	+ 1.4	72	86	7	7	8	1.5	....	0.4	....	0.5	....	0.4	....
3	704.3	658.5	11.5	7.9	54	83	5	6	4	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.0	658.3	14.9	12.3	37	80	2	2	2	....	....	....	....	....	....	....	....
5	701.4	656.7	17.1	11.2	35	72	7	9	9	....	....	....	....	....	....	....	....
6	699.3	655.5	18.1	13.0	**31**	50	7	5	7	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.8	659.2	11.5	8.9	66	83	4	5	5	....	....	....	....	....	....	....	....
8	706.3	659.6	10.1	7.8	78	74	7	4	4	2.0	....	2.0	....	1.4	....	2.0	....
9	**707.1**	660.2	12.3	10.3	79	64	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
10	705.9	660.0	14.7	13.2	59	41	0	0	1	....	....	....	....	....	....	....	....
11	705.7	**660.6**	17.3	15.0	46	31	0	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	704.0	659.6	**20.7**	15.3	35	**30**	3	0	0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	704.3	658.7	13.8	10.3	75	72	6	7	7	0.5	....	0.9	....	1.4	....	1.3	....
14	703.1	657.9	13.0	11.4	87	64	1	3	1	....	....	....	....	....	....	....	....
15	700.5	655.6	11.0	8.4	95	75	10	10	10	8.6	....	10.6	....	13.8	....	12.5	....
16	702.8	656.7	10.1	7.6	99	84	9	8	5	1.2	....	1.0	....	1.2	...	1.2	....
17	703.6	657.0	7.5	+ 4.1	100	92	10	10	10	6.0	....	2.3	....	6.1	....	5.3	2
18	701.0	654.6	3.5	− 1.1	100	100	10	10	10	1.0	....	1.3	....	5.4	2	6.2	**7**
19	**697.6**	**650.9**	4.0	− 0.3	100	99	10	10	10	2.5	....	0.6	....	1.5	1	2.7	1
20	699.3	652.5	6.3	+ 1.8	100	96	8	9	10	....	....	0.7	....	0.3	....	0.2	....
21	701.3	655.6	10.8	7.4	84	60	5	6	7	....	....	....	....	0.7	....	0.4	....
22	702.3	657.3	14.7	10.1	67	64	9	6	6	....	....	....	....	....	....	...	....
23	701.1	656.6	16.5	10.7	49	64	7	6	8	0.5	....	....	....	0.6	....	0.4	....
24	703.7	659.1	18.5	14.1	51	49	6	7	7	....	....	0.3	....	0.5	....	0.2	....
25	705.3	660.1	20.6	**17.8**	54	40	6	6	7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	704.1	659.6	20.3	17.5	53	44	1	1	3	6.0	....	4.0	....	6.0	....	9.2	....
27	703.8	658.4	18.2	14.5	81	65	2	0	5	....	....	....	....	....	....	....	....
28	702.6	657.5	17.6	14.4	75	72	6	5	6	2.1	....	2.1	....	4.4	....	3.1	....
29	703.4	657.6	13.2	10.9	100	97	8	9	9	**18.0**	....	**21.2**	....	**40.3**	....	**49.5**	...
30	705.2	659.6	13.9	10.1	86	99	6	7	8	....	....	0.2	....	0.1	....	0.2	....
31	701.0	656.3	+15.5	+13.1	86	78	6	5	4	7.3	....	15.3	....	17.2	....	13.7	....
Mois	703.13	657.55	+13.00	+ 9.59	72	71	5.8	5.6	5.9	60.2	....	65.1	....	107.8	8	116.9	16

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1907

Pression atmosphérique.

	Savatan				Dailly			
	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.	7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Moyenne mm.
1re décade...	704.22	703.87	704.32	704.14	658.31	657.92	658.43	658 22
2me » ...	702.27	702.11	702.21	702.20	656.42	656.42	656.38	656.41
3me » ...	703.26	702.91	703.03	703.07	657.96	657.99	658.03	657.99
Mois..	703.25	702.96	703.18	703.13	657.58	657.46	657.62	657.55

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	Minim. moyen	Maxim. moyen
Savatan	°	°	°	°	°	°
1re décade...	+ 8.36	+14.82	+11.64	+11.61	+ 7.4	+18.1
2me » ...	9.06	12.91	10.14	10.70	7.7	15.1
3me » ...	13.56	19.42	16.05	16.35	12.5	21.5
Mois..	+10.43	+15.84	+12.72	+13.00	+ 9.1	+18.3
Dailly						
1re décade...	+ 6.16	+10.76	+ 8.30	+ 8.41	+ 3.6	+12.8
2me » ...	6.19	8.58	6.96	7.24	3.6	10.8
3me » ...	10.79	14.80	12.80	12.80	8.0	17.4
Mois..	+ 7.81	+11.49	+ 9.46	+ 9.59	+ 5.2	+13.8

Fraction de saturation en %

	Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	70	52	61	61	78	69	73	73
2me » ...	82	84	85	84	74	78	71	74
3me » ...	75	70	69	71	71	63	66	67
Mois..	76	69	72	72	74	70	70	71

Nébulosité.

	Lavey				Savatan				Dailly			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
1re décade...	5.8	5.5	3.7	5.0	5.3	5.7	3.4	4.8	5.9	5.3	3.9	5.0
2me » ...	6.5	6.4	7.3	6.7	6.1	7.2	6.5	6.6	6.2	6.5	6.0	6.2
3me » ...	4.5	6.7	5.8	5.7	4.5	6.1	5.4	5.3	5.1	6.9	7.0	6.4
Mois .	5.6	6.2	5.6	5.8	5.3	6.3	5.1	5.6	5.7	6.3	5.7	5.9

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 19 juin 1907

H. Faës. Procédés de désinfection phylloxérique. — Galli-Valerio. Notes sur un voyage en Tunisie. — Pelet. Précipitations colloïdales, les absorptions et la teinture.

M. H. Faes. *Procédés de désinfection phylloxérique.* — On sait que le mode le plus dangereux et peut-être le plus fréquent de propagation artificielle du phylloxéra s'effectue par le transport et la mise en place de jeunes plants racinés, prélevés dans des pépinières dont on ignore l'état d'infection. Depuis quelques années, M. le Dr H. Faës a mis à l'étude une certain nombre de procédés destinés à obtenir la désinfection aussi sûre et complète que possible des plants de vigne racinés.

Le système adopté par l'Allemagne — désinfection de 45 minutes par les vapeurs de sulfure de carbone, portées à 20-25° C. — doit être appliqué par des spécialistes, mais ne pourrait être employé, parce que trop délicat, dans chacune de nos communes viticoles. On a dû, pour la même raison, écarter le procédé indiqué dernièrement en France par MM. Couanon, Henneguy et Salomon : immersion des plants racinés pendant 5 minutes dans de l'eau portée à 53° C.

Parmi les nombreux composés qui furent expérimentés à la Station viticole de Lausanne, deux seulement furent retenus par M. H. Faës pour ses expériences définitives :

le lysol, d'une part, recommandé actuellement pour la destruction de l'œuf d'hiver du phylloxéra, le sulfocarbonate de potassium additionné de savon noir, de l'autre.

Pour déterminer l'efficacité insecticide des substances en question, on soumettait à des durées d'immersion variables dans les solutions de lysol et de sulfocarbonate, les racines et radicelles de vigne couvertes de phylloxéras. D'autre part, on soumettait aux mêmes durées d'immersion dans les mêmes solutions les plants racinés, de vignes indigènes et greffées, pour déterminer la nocivité possible des traitements sur la plante.

Le *sulfocarbonate de potassium* employé à la dose de 1 %, pendant 15 minutes, n'a montré qu'un pouvoir insecticide très insuffisant sur les phylloxéras. C'est pourtant ce procédé, avec la concentration et le temps d'immersion indiqués, qui est actuellement un des plus employés par les pépiniéristes de France. Il a fallu, pour obtenir de bons résultats, employer des solutions à 3 % de sulfocarbonate de potassium, additionnées de 1 % de savon noir, avec des temps d'immersion s'étendant de 10 à 30 minutes.

Quant aux plants racinés de vigne, plongés dans la même solution, soit sulfocarbonate de potassium 3 % et savon noir 1 %, ils n'ont aucunement souffert du traitement, même après une durée d'immersion de 12 heures.

Le *lysol*, employé à la dose de 2 %, avec des durées d'immersion de 1 à 30 minutes, a fait preuve d'excellentes qualités insecticides. Son action sur la plante est plus nocive que celle du sulfocarbonate. La vigne en effet souffre si la durée d'immersion dans la solution de lysol à 2 % dépasse 10 minutes ; après 12 heures d'immersion, la plupart des jeunes plants sont tués.

En résumé, les deux procédés, sulfocarbonate de potassium 3 % additionné de savon noir à 1 % et lysol à 2 %, peuvent être employés pour la désinfection phylloxérique des plants de vigne racinés, mais la durée d'immersion peut être beaucoup plus prolongée avec le premier procédé qu'avec le second.

L'étude détaillée concernant ces expériences de désin-

fection sera publiée prochainement dans la *Chronique agricole du Canton de Vaud.*

M. Galli-Valerio donne connaissance de quelques notes médicales recueillies dans un voyage récent en Tunisie et les accompagne de la démonstration d'une collection d'objets et préparations microscopiques.

M. L. Pelet fait une communication sur les *précipitations colloïdales, les absorptions et la teinture.*

Le présent travail, fait en collaboration avec M. L. Grand, a pour objet : 1° de montrer que les substances inertes d'origine minérale absorbent et fixent les matières colorantes comme les fibres textiles et le charbon animal : 2° que la teinture est une précipitation de colloïdes sur la fibre.

Il a conduit aux résultats suivants :

1° Les substances inertes, telle que silice et dérivés, alumine, oxyde de fer, etc., absorbent le bleu de méthylène (colorant basique) suivant les mêmes lois d'absorption que le charbon et les fibres. Le groupe (OH) de l'acide silicique hypothétique Si $(OH)^4$ n'a pas d'influence.

2° la formule générale de l'absorption

$$X/m = \beta\gamma\ C\ 1/p$$

est satisfaite.

x désigne la quantité de colorant absorbé, m la quantité de substance inerte ou de fibre, c la concentration du bain après l'absorption.

B et $1/p$ sont des constantes.

3° La valeur $1/p$ pour le ponceau et le charbon est égale à 0,15, valeur concordant avec celle indiquée par Freundlich. Pour la terre d'infusoire et le bleu de méthylène, $1/p$ (à froid) = 0,1, à chaud, comme Freundlich l'avait prévu, $1/p$ s'élève et devient 0,3. Dans le cas du bleu de méthylène et du charbon, $1/p$ à 17° = 0,12, à 85° $1/p$ = 0,255.

4° La méthode de dosage du bleu de méthylène par titra-

tion et précipitation au moyen du ponceau cristallisé est exacte.

Dans la deuxième partie de cette étude, nous avons cherché l'influence de divers sels toxiques sur la quantité de matière toxique.

Nous avons trouvé que la laine absorbe davantage de bleu de méthylène si l'on ajoute à la solution du sulfate de sodium, cette absorption est encore augmentée par l'addition de phosphate de sodium. Au contraire, l'absorption est plus faible en présence de chlorure de baryum et beaucoup plus faible avec addition de quelques gouttes de chlorure de platine.

Dans le cas du ponceau, nous constatons le phénomène contraire ; en présence du sulfate de sodium, la laine fixe moins de ponceau et beaucoup moins encore avec le phosphate de sodium.

Ces faits démontrent que la teinture est une précipitation de colloïdes sur la fibre.

La précipitation du bleu de méthylène considéré comme un colloïde positif est activée par addition d'ions négatifs bivalents et surtout par les ions négatifs trivalents (Po^4). Au contraire, les ions de même signe, Ba bivalent et Platine tétravalent retardent d'autant plus que la valeur est plus élevée.

Pour le ponceau considéré comme un colloïde négatif, la précipitation sur la fibre est retardée par les ions de même signe (So^4) bivalent et surtout (Po^4) trivalent.

Il n'est pas possible d'affirmer que la base colorante fixée sur la fibre est combinée ou non, et cela tant que nous ne serons pas fixé sur la nature des « combinaisons d'absorption ».

Séance du 3 juillet.

E. Bugnion et N. Popoff. Faisceaux spermatiques doubles. — A. Maillefer. Nouvel appareil pour l'étude du géotropisme. — S. Bieler. Fouilles dans le Turkestan. — Machon. Soi-disants miracles de l'hypnose. — F. Jaccard. Peloneustes philarchus. — M. Lugeon. La fenêtre de St-Nicolas. Les fenêtres d'Ardon.

MM. E. Bugnion et N. Popoff décrivent les *faisceaux spermatiques doubles (bipolaires)* qu'ils ont observés chez

les Ténébrionides et les Mylabres, pendant leur séjour à Ceylan et en Egypte. Ce travail a été publié dans les « Comptes-rendus de l'Association des Anatomistes ». 9me réunion, Lille 1907, p. 155-163, ouvrage auquel nous renvoyons le lecteur.

Une note relative aux faisceaux spermatiques doubles du *Tenebrio molitor* et de l'*Oedemara caerulea* (de Suisse) paraîtra ultérieurement dans le Bulletin de la Société vaudoise.

M. Arthur MAILLEFER. — *Un nouvel appareil pour l'étude du géotropisme.* — M. H. Fitting a trouvé (*Jahrb. f. w. Both.*, t. 41, 1905) que l'induction géotropique subie par une plante est sensiblement proportionnelle au sinus de l'angle que la plante fait avec la verticale. On en a tiré la conséquence que la composante de la pesanteur normale à l'axe de l'organe agissait seule dans les phénomènes géotropiques. Cette conséquence n'est vraie que si l'induction est proportionnelle à la force qui agit; or, cela n'a pas encore été démontré. C'est pourquoi M. A. Maillefer a fait construire un appareil permettant de déterminer l'induction correspondant à diverses forces centrifuges. Comme celle de M. Fitting, la méthode est basée sur la comparaison de l'induction résultant de deux forces inégales et opposées : en faisant varier le rapport des temps d'exposition pendant lequel on soumet alternativement la plante à l'action des deux forces. On cherche un rapport tel que la plante ne réagisse pas.

On admet implicitement que l'induction est proportionnelle au temps.

L'appareil se compose d'un fort bâti en fer d'environ 1m20 de haut; il est commandé par un moteur électrique en dérivation monté sur le bâti. Le moteur transmet son mouvement à la machine à l'aide d'un plateau à friction, ce qui permet de régler la vitesse. Une transmission à courroie commande l'appareil proprement dit, qui se compose de deux paires de bras en fer, calés sur un axe dans le prolongement l'un de l'autre. Sur une des paires de bras

est fixé un axe qui porte à son tour deux bras sur l'un desquels est fixé le vase en porcelaine dégourdie dans lesquel croissent les plantes en expérience. Les plantes sont maintenues dans l'obscurité par une boîte en tôle. Au moyen de deux électro-aimants actionnant une chaîne de Galle et un pignon monté sur l'axe, on peut faire tourner ce dernier, de façon à amener le bras portant le vase dans la direction du rayon de la centrifuge, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur.

Les plantes en expérience peuvent donc être soumises à la force centrifuge dans deux directions opposées ; elles tournent dans les deux positions à des distances différentes de l'axe : la force centrifuge étant proportionnelle au rayon, les plantes seront donc soumises alternativement à des forces inégales et opposées.

En prenant le temps d'exposition pour une force de g (gravité) comme unité, on peut obtenir des temps d'exposition correspondant à toute force donnée et ainsi trouver la loi qui lie le rapport des temps d'exposition au rapport des forces centrifuges. L'induction géotropique étant par définition inversement proportionnelle au temps d'exposition, il sera facile de calculer l'induction géotropique correspondant aux différentes forces centrifuges.

M. le Dr S. Bieler donne quelques renseignements sur les *fouilles entreprises dans le Turkestan*, à Anan, au pied du Kopet-Dagh, par M. Pumpelly, de la mission Carnégie de Washington, en 1903 et 1904.

Les trouvailles de M. Pumpelly sont intéressantes pour nous Suisses, parce qu'elles montrent en échelons successifs, à un même endroit, des trouvailles analogues à celles faites dans nos palafittes, mais en localités très diverses [1].

M. Pumpelly a constaté au plus profond un terrain fertile qui avait été probablement cultivé, il y a trouvé des

[1] Les nombreux débris d'ossements ont été soumis à la vérification de M. le Prof.-Dr U. Duerst, à Zurich, où M. Bieler a pu voir des pièces intéressantes.

ossements d'enfants, indiquant la présence de l'homme, et des poteries avec débris alimentaires d'origine végétale percés.

Le *bos namadicus*, à grandes cornes, trouvé ailleurs dans le plistocène du nord de l'Inde et dans le löss de Chine et de Sibérie.

Un cheval à membres plus fins que celui dit de Przawalski, de Mongolie. — Le porc, type du *Sus vittatus*, est de cette période. Il était petit comme le *sus palustris* du palafitte. — Un mouton sauvage, *Ovis Viguéi* encore existant au Kopet-Dahg, enfin des ossements de gazelle et de loup.

Plus tard, dans une couche correspondant à deux ou trois siècles moins anciens, le même bœuf avec une ossature faisant supposer l'état de domesticité.

Pas d'armes ou d'outils de pierre.

Quelques siècles plus tard, apparaissent des débris de moutons à cornes aplaties et à cornillons plus fins. Les jeunes sont plus nombreux, ce qui fait supposer la domesticité plus complète. Ces ossements de moutons sont semblables à ceux du *Ovis palustris* de nos palafittes.

Un peu plus tard, on a commencé à rencontrer des instruments de bronze et, au même étage, le chien de berger *(canis matris optimae)* et les fouilles ne donnent plus rien de spécial.

Il est intéressant de constater les modifications de la faune domestique. Pendant la première période, le bœuf formait le 27 % de la population, le mouton 22 %, le cheval 20 %, etc.

Pendant la deuxième période, le cheval augmente jusqu'au 28 %, le bœuf 25, le mouton 25. A la troisième période, période du bronze, le mouton est en tête 25 %; le bœuf et le cheval seulement 20 %, le porc 15 %.

Actuellement, par le fait de l'arrivée des dunes de sable, la contrée est devenue désertique. Le mouton est en tête de la population animale par 80 %, la chèvre 8 %, le chameau 7 %, le cheval 4 % et le bœuf à peine 0,1 %. C'est la conséquence de ce que l'homme n'a pas lutté par l'entretien des arbres et des plantes de culture.

Le Dr MACHON fait une communication sur les *soi-disant miracles de l'hypnose.*

Il donne l'explication scientifique d'un cas de guérison de paralysie hystérique obtenue, à Paris, par un magnétiseur genevois, M. E. Magnin, cas dont la relation faite, malheureusement, par des personnes étrangères à l'art de guérir, a fait le tour de la presse quotidienne.

Puis M. Machon parle longuement des progrès réalisés par la psychoanalyse ces dernières années, et rappelle ce que l'on entend par personnalité seconde. Pour terminer, il fait part de ses idées personnelles au sujet des diverses méthodes de la Psychothérapie et leur application dans la pratique courante.

Son travail paraîtra in-extenso dans le Bulletin.

M. Frédéric JACCARD présente une note sur le *Peloneustes philarchus* (Seeley) du Musée de paléontologie de Lausanne. Cette note est accompagnée de fort belles reproductions photographiques dues à l'obligeance de M. Pache, préparateur au Musée de botanique, des restes si bien conservés de ce Sauroptérygien. Il sera intéressant de comparer ces photographies avec les figures types dessinées par Lydekker. On verra que Lydekker, dans ses restaurations, s'écarte quelquefois de la réalité. Il est même probable que, contrairement à l'idée de cet éminent paléontologue, il y avait articulation du précoracoïde avec le coracoïde. *(Voir aux Mémoires.)*

M. Frédéric JACCARD présente un aperçu *sur la géologie et la tectonique de la région comprise entre la Sarine à l'E. et au N., l'Hongrin à l'W, au S. la vallée supérieure de la Tourneresse et le Meyelsgrundthal.*

Trois masses tectoniques ont contribué à former cette région. La nappe du Flysch du Niesen qui borde la région au S.-E., la nappe des Préalpes médianes qui forment les chaînons de la Gummfluh, du Rubli, Rocher du Midi, ainsi que la région comprise entre Gérignoz — sur le Grin — monts Chevreuils.

Enfin la nappe de la Brèche Chablais-Hornfluh ; les restes de cette nappe ont été conservés d'une part entre le Chaînon de la Gummfluh et celui du Rubli, où ils forment deux plis forts distincts, d'autre part, en avant (N.-W) du Rubli, où l'on voit le calcaire complexe de la Brèche former une tête anticlinale, qui est entourée jusqu'à son bord radical d'une carapace de terrains du Crétacique supérieur (couches rouges). M. Jaccard arrive à démontrer d'une façon péremptoire que le crétacique qui accompagne ce pli de la Brèche, ne fait pas partie des terrains de la Brèche, comme l'ont affirmé MM. Keidel et Steinmann, mais qu'il forme là une énorme lame de charriage, entraînée par la nappe de la Brèche.

Enfin les profils qui accompagnent le volumineux mémoire de M. Jaccard nous montrent les chaînons Gummfluh et Rubli-Rocher Plat, comme d'énormes écailles, de gigantesques lentilles, plus ou moins effilées sur leurs bords, qui souvent repliées encore sur elles-mêmes surnagent en quelques sorte sur les terrains du Flysch.

Il nous montre encore la région pli-faillée des Gastlosen-Laitmaire qui s'arrête « coincée » dans les terrains du Flysch, au S.-W. de Gérignoz, et ne se continue pas directement dans les plis Ramacley, sur le Grin, monts Chevreuils.

M. Jaccard a trouvé aussi dans la région un gisement de roches cristallines, identiques à celles trouvées dans la région de la Hornfluh.

M. Maurice LUGEON. — *La Fenêtre de St-Nicolas.* L'auteur annonce la découverte près de St-Nicolas (Valais) de plusieurs affleurements de Quartzite triasique appartenant à la même unité tectonique. Cette découverte est grosse de conséquences.

En 1905, MM. Lugeon et Argand[1] ont émis l'hypothèse

[1] Lugeon et Argand, *Sur les grandes nappes de recouvrement de la zone du Piémont* (*C. R. Ac. des sciences.* Paris, 15 mai 1905).

que de grandes nappes de recouvrement pouvaient seules expliquer l'architecture de la zone du Piémont. Les quartzites de St-Nicolas confirment cette hypothèse plus que l'on serait en droit de l'exiger. *Ces roches triasiques apparaissent en fenêtre sous la nappe du Grand St-Bernard.* Elles appartiennent à la carapace d'une nappe plus profonde.

Sur la rive droite de la Viège, ces quartzites, accompagnées de calcaire et de cornieule, forment la haute paroi de Fluh, en face de Schwiedernen. Au sud, la haute paroi disparait dans les éboulis du Grossgraben ; au nord, on peut poursuivre les quartzites jusqu'au Riedbach. Dans ce torrent, on constate la superposition immédiate, sur quartzites, des schistes chloriteux de la base des schistes de Casana de la quatrième nappe des Alpes pennines.

Sur le versant gauche de la Viège, ces quartzites apparaissent sous les mêmes schistes chloriteux, entre St-Nicolas et Schwiedernen, au-dessus du point coté 1213,6. On les retrouve encore sur le sentier de St-Nicolas à Crossberg, au-dessus de Sellibrucke, où elles paraissent former de faux anticlinaux en lames dans les mêmes schistes chloriteux.

Dans la paroi de Fluh, ces quartzites, peu tourmentées, forment une voûte de très grand rayon dont l'axe est nord-sud. C'est à ce bombement que l'on doit l'existence de la fenêtre.

La nappe IV du Grand St-Bernard ne montre son substratum frontal que entre Stalden et Viège. Les quarzites de St-Nicolas ne sont que la continuation de ces mêmes roches affleurant sur les versants de la rive gauche du Rhône. Entre les deux affleurements le Trias est recouvert par 12 km. de schistes de Casana paléozoiqnes.

La fenêtre de St-Nicolas permet d'affirmer l'existence contestée [1] de la nappe du Grand St-Bernard. Elle permet d'évaluer le charriage à 12 km. au minimum. Ce charriage

[1] S. Franchi. Sulla tettonica della zona del Piemonte (*Boll. Comit. geol. d'Italia*, vol. VII ; n° 2, 1906).

est certainement plus considérable, mais ce n'est pas le moment d'en faire la démonstration.

M. Maurice Lugeon. *Les fenêtres d'Ardon.* — M. Lugeon fait part d'une série de faits nouveaux relatifs à la disparition du Massif de Morcles sous les nappes des Diablerets-Wildhorn (Hautes Alpes calcaires à faciès helvétique).

Renevier considérait dans la vallée de la Liserne de grandes masses de calcaire et de schistes comme appartenant au Jurassique. La découverte de Nummulites vient modifier complétement les vues de cet auteur, lequel avait du reste fait ses réserves.

Le Nummulitique calcaire à petites nummulites peut être suivi de Mont Bas jusque près d'Ardon ; il repose sur des calcaires urgoniens très puissants, faciles à confondre avec le Jurassique ; il est recouvert par les schistes nummulitiques à globigérines avec grés de Taveyannaz.

La carapace plissée du massif de Morcles forme dans la vallée de la Liserne quatre anticlinaux dont les axes prolongent fortement sous la nappe des Diablerets. L'anticlinal le plus méridional forme l'entrée de la gorge de la Liserne près d'Ardon. On y reconnaît l'Urgonien très modifié et le Néocomien à Bélemnites. Cet anticlinal culbuté sur lui-même, dont le flanc inverse est très replié, laisse voir sous lui, dans la profonde gorge de la Liserne, *en fenêtres* deux affleurements de schistes nummulitiques plus ou moins gréseux. Ils sont situées à environ 600 mètres de l'entrée de la gorge. Les schistes gréseux contiennent des Nummulitiques.

Le massif de Morcles est donc complètement indépendant de la nappe des Diablerets jusqu'à la vallée du Rhône. Il est donc probable que la racine de la nappe des Diablerets est à rechercher dans la bande cristalline qui se termine près de Charrat, c'est-à-dire serait la carapace sédimentaire étirée du massif du Mont-Blanc.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

William Ramsay. Sur l'émanation du Radium (*Physik. Zeitschr.*, 16, p. 521, 1907).

Soddy et l'auteur ont montré en 1903 que la transformation spontanée de l'émanation du radium produit de l'hélium. Cette observation a été confirmée depuis par Himstedt, G. Meyer, Giesel, Indrikson, Debierne, Curie et Dewar. Debierne a démontré que le chlorure d'actinium donne également naissance à de l'hélium. L'auteur a pu reconnaître une fois l'hélium dans les gaz qui s'échappent continuellement de la solution de nitrate de thorium ; il espère pouvoir en donner la preuve indubitable.

L'auteur a reconnu que lorsque l'émanation de radium est en contact avec de l'eau ou y est dissoute, le gaz inactif qui se forme par la transformation de l'émanation est principalement le néon, à côté duquel il n'y avait qu'une trace d'hélium.

Si l'on remplace l'eau par une solution saturée de sulfate de cuivre, il ne se forme pas non plus d'hélium ; c'est l'argon qui est dans ce cas le produit principal de la transformation de l'émanation ; il contient peut être une trace de néon. Si l'on précipite de la solution de sulfate de cuivre qui a été en contact avec l'émanation le cuivre par le procédé ordinaire, les vapeurs du précipité présentent le spectre du sodium et du calcium, à côté desquels l'auteur a pu observer *la ligne rouge du lithium, faible mais très distincte*. Cette observation a été répétée quatre fois, deux fois avec du sulfate de cuivre et deux fois avec du nitrate de cuivre, en prenant toutes les précautions nécessaires. Les résidus d'une solution de nitrate de plomb, soumise à

un traitement semblable, n'ont laissé voir aucune trace de lithium. Il n'a été de même pas possible d'en relever la présence avec une solution de sulfate de cuivre traitée en tous points de la même manière, mais non soumise au contact de l'émanation.

L'auteur propose l'explication suivante pour ces intéressants résultats : d'après son inactivité chimique et son spectre, il est très probable que l'émanation du radium appartient au groupe de l'hélium dans le système périodique. L'émanation pendant qu'elle se transforme abandonne une quantité d'énergie relativement très considérable et il semblerait que les circonstances extérieures influent sur la manière dont cette énergie est employée.

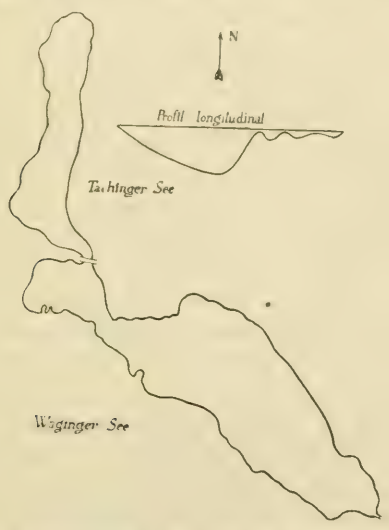
Si l'émanation est seule, ou seulement en contact avec de l'oxygène ou de l'hydrogène, l'énergie en décompose ou transforme une partie et en abandonne le reste : dans ce cas le produit gazeux est l'hélium. Mais si la répartition de l'énergie est modifiée par la présence de l'eau, la partie de l'émanation qui est décomposée donne du néon, ou si l'on ajoute à l'eau du sulfate de cuivre, de l'argon. Le cuivre est « dégradé » d'une manière analogue par l'émanation-énergie, et ramené au premier élément de son groupe, le lithium.

On ne peut pas dire encore si par l'influeuce de l'éma nation sur le cuivre il se forme aussi du sodium et du potassium ; ces deux substances sont contenues en effet dans le verre des récipients employés, mais par analogie des produits de décomposition de l'émanation, l'on peut supposer que le sodium et le potassium doivent naître de la décomposition du cuivre.

ANTON ENDRÖS. DIE SEICHES DES WAGINGER-TACHINGERSEES (*Sitzungsberichte der Kgl. Bayer. Akad. der Wissensch.*, t. XXXV, p. 447).

M. Endrös, dont nous avons publié la remarquable étude sur les mouvements oscillatoires si compliqués du

Chiemsee[1], a fait le même travail sur les seiches d'un autre lac bavarois situé non loin de celui-là : le Waginger-Tachingersee, qui présente un intérêt tout particulier pour ce genre de recherches par suite de sa forme. Deux étranglements très resserrés le partagent en effet en trois bassins : celui de Waging, le plus grand (5 km. de long., 27 m. prof. maxim.), présentant un profil longitudinal d'une concavité très accentuée : celui de Taching, plus court, à profil très faiblement convexe et une petite cuvette centrale entre les deux étranglements, où la profondeur n'est plus guère que de 3 m. et moins.



M. Endrös a déterminé sur ce lac 13 périodes d'oscillations différentes : tout d'abord, nonobstant le double étranglement, une seiche longitudinale du lac entier, d'une durée de 62 minutes, avec nœud au milieu du bassin central.

Cette durée dépasse de beaucoup la valeur que donnerait la formule de M. Du Boys[2] laquelle serait 36,2 min.,

[1] Ant. Endrös, Les seiches du Chiemsee, *Archives des sc. phys. et nat.*, 1904, t. XVII, p. 290.

[2] P. Du Boys, Essai théorique sur les seiches. *Archives*, 1891, t. XXV, p. 628.

mais est conforme à la théorie de M. Chrystal[1], d'après laquelle la convexité du fond (résultant ici de la surélévation des deux étranglements) allonge la période. La binodale du lac entier n'a pu être observée.

Chacun des deux plus grands bassins a sa seiche longitudinale propre de 16,8 min. et 12.56 min. qui se répercutent chacune dans le bassin de l'autre (seiche forcée). Les deux binodales correspondantes sont de 11.78 min. et de 6,25 min., soit les 0,70 (concavité) et les 0,49 (très faible convexité) de leur uninodale respective, comme le veut la théorie de Chrystal.

Outre ces périodes principales, le lac a présenté un certain nombre de types de seiches plurinodales. Des oscillations de 7,5, de 6,0 et de 4,67 min. doivent être les tri-, quadri- et quinqui-nodales du bassin de Waging. Une seiche de 3,8 min. doit être une plurinodale du même bassin et une autre de 8,6 une uninodale se produisant seulement dans sa partie la plus large.

Le lac de Taching présente une quadrinodale de 3,5 min. Enfin des oscillations de 3 min. et de 1,56 min. chacune observées au milieu des deux plus grands bassins, sont plutôt, suivant l'auteur, des longitudinales plurinodales que des transversales, peut-être l'un et l'autre, par une coïncidence de période.

L'application de la théorie de Chrystal au calcul des périodes des seiches longitudinales n'est pas très facile pour peu que, pour ces dernières, les axes longitudinaux ne suivent pas forcément la même ligne que l'axe longitudinal du lac entier, mais se branchent sur lui. Il n'est pas non plus facile de savoir comment les deux rétrécissements réagissent sur les longueurs des différentes périodes. Mais dans leur ensemble, les périodes fournies par ce lac compliqué confirment les formules du savant écossais qui, seules, peuvent permettre une interprétation un peu exacte du phénomène. E. S.

[1] George Chrystal. La théorie hydrodynamique des seiches. *Archives*, 1906, t. XXII, p. 513.

Herbert Kyser. Die elektrischen Bahnen und ihre Betriebsmittel. *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen.* Heft 9, Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig, 1907.

A côté de la collection de monographies de science pure, qu'elle publie sous le titre : *die Wissenschaft* et que nous avons déjà eu souvent l'occasion de signaler, la Maison Vieweg et fils de Brunswick en édite une autre, sous les auspices du savant ingénieur Benischke, sur les questions les plus actuelles de la physique appliquée à l'art de l'ingénieur, plus particulièrement de l'électrotechnique et cela sous le titre collectif : *Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen.*

Cette collection en est déjà à son 9e volume. Les précédents avaient pour titre : I. *Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik gegen atmosphärische Entladungen* ; II. *Der Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen ;* III. *Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik*, tous trois par M. G. Benischke lui-même ; IV. *Die vagabundierenden Ströme elektrischer Bahnen*, par le Dr Carl Michalke ; V. *Die asynchronen Drehstrommotoren, ihre Wirkungsweise, Prüfung und Berechnung*, par le Dr Benischke ; VI. *Die elektrischen Bogenlampen, deren Prinzip, Konstruction und Anwendung*, par J. Zeidler ; VII. *Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven*, par le Dr E. Orlich ; VIII. *Lichtstrahlung und Beleuchtung*, par P. Högner.

Le IXe fascicule que nous annonçons ici concerne les chemins de fer électriques et leur exploitation. C'est un volume de 150 pages avec 73 figures dans le texte et 10 planches. Il constitue sur cette question de plus en plus actuelle des chemins de fer électriques, sur ce facteur si important de la vie sociale moderne, un manuel abrégé évidemment, mais très complet, dans lequel les procédés les plus nouveaux sont déduits avec beaucoup de logique des derniers progrès de la science, très simplement et très clairement exposés.

A ce titre là, ce n'est pas sortir du cadre des *Archives* que de recommander cette excellente publication à l'intérêt de leurs lecteurs.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1907

Janvier

1. Asher (Leon) und Rosenfeld (R.). Ueber die physikalisch-chemischen Bindungsverhältnisse verschiedener Stoffe im Blute. Bern. Physiol. Inst. der Univ. — *Biochem. Zeitschr.* 3. 335.

2. Bach (A.). Action de l'iode sur la peroxydase. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* 23. 26.

2 *bis*. Bach (A.). Ueber das Verhalten der Peroxydase gegen Jod. Genf. Privatlab. — *Berichte* 40. 230.

3. Cloetta (M.). Ueber die Kumulativwirkung der Digitalis. Zürich. Pharmakal. Inst. — *Münchner med. Wochenschrift* 53. 2281.

4. Cohn (Ludwig). Ueber den direkten Ersatz von Ammoniak in Metallammoniaken durch Säurereste. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

878 *bis*. Demierre (Henri). Vitesses de réactions ioniques dans l'acétone. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

5. Friedheim (Carl) und Nydegger (Otto). Ueber die Bestimmung der Schwefelsäure durch Benzidin. Bern. Anorg. Lab. der Univ. — *Zeitschr. angew. Ch.* 20. 9.

6. Gagnaux (Léon). Conductibilités limites dans quelques dissolvants organiques. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

7. Grandmougin (E.). Einwirkung verschiedener Agenzien auf die Cellulose. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. Farbenindustrie* 6. 2.

736 *bis*. Gruner (P.). Aperçu général de la théorie de la désaggrégation radioactive de la matière. Berne. — *Archives des Sc. phys. et nat.* 23. 5. 113. 329.

8. Haller (Hans). Ueber die Beziehungen zwischen Säurezahl, Verseifungszahl, Jodzahl und Petrolätherlöslichkeit beim Kolophonium und der Abietinsäure. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

9. Jaquerod (Adrien) et Perrot (F. Louis). Sur la préparation de l'hélium pur par filtration des gaz de la clévéite à travers une paroi de silice. Neuchâtel et Genève. — *Comptes rendus* **144**. 135.

10. Kalmus (Herbert T.). Electrical Conductivity and Viscosity of some fused Electrolytes. *Dissert.* Zürich (Prof. Lorenz).

11. Kaufler (Felix). Zur räumlichen Auffassung der mehrkernigen Verbindungen. Zürich. — *Annalen* **351**. 151.

12. Lehmann (P.). Ueber die Ausführung von Destillationen und Siedepunktsbestimmungen im Vakuum des Kathodenlichts. Zürich.

13. Lorenz (Richard) und Ruckstuhl (W.). Untersuchungen über die Wanderung der Ionen bei der Elektrolyse eines geschmolzenen Salzpaares. Zürich. Lab. für physik. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **52**. 41.

14. Müller (Wilhelm). Zur Kenntnis der Farbstoffe des Gelbholzes. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

474 *bis.* Passamanik (J.). Recherches relatives à la décomposition des carbonates de zinc et de cadmium par les solutions aqueuses des chlorures alcalins. *Thèse.* Genève (Dr Cantoni).

15. Pictet (Amé) et Khotinsky (Eugène). Sur l'azotate d'acétyle. Genève. — *Comptes rendus* **144**. 210.

16. Remfry (Percy). Sur quelques dérivés de l'acide cinchoninique et de la quinaldine. *Thèse.* Genève (Dr Decker).

17. Schindler (Alfred). Derivate des Tetraaethylthionins. *Dissert.* Zürich (Prof. Gnehm).

18. Schulz (Hubert). Ueber den Harzbalsam von Pinus halepensis. *Dissert.* Bern (Prof. Tschirch).

19. Schwarz (Eugen). Zur Kenntnis des Chlorkalks und analoger Verbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Lunge).

20. Streit (Hermann). Studien über die chemische Zusammensetzung und Verbrennungswärme von Koken verschiedener Darstellungsverfahren. *Dissert.* Zürich (Prof. Constam).

829 *bis.* Strzyzowski (Casimir). Ueber ein einfaches Veraschungsverfahren zur raschen Ermittlung von Arsen in Lebensmitteln und Tierobjekten. Lausanne. Physiol.-chem. Lab. der Univ.-Klinik. — *Oesterr. Chem.-Zeitung* **10**. 3.

21. Sury (Joseph von). Ueber die Radioaktivität einiger schwei-

zerischer Mineralquellen. Freiburg. Physik. Inst. der Univ. — *Mitt. der naturf. Ges. in Freiburg* **1907**. 1.

700 *bis*. Tapuach (Max). Zur Kenntnis der Hydratisomerie bei Di-und Trihalogenochromsalzen. *Dissert*. Zürich (Dr Pfeiffer).

22. Werner (A.). Ueber raumisomere Hexamminsalze. Zürich. Chem. Inst. der Univ. — *Annalen* **351**. 65.

23. Werner (A.). Untersuchungen über anorganische Konstitutions- und Konfigurations-Fragen. Zürich. — *Berichte* **40**. 15.

24. Werner (A.). Ueber stereoisomere Diaquo-diaethylendiamin-kobaltisalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **40**. 262.

25. Werner (A.). Zur Theorie der Hydrolyse und über stereoisomere Hydroxo-aquo-diäthylendiamin-kobaltsalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **40**. 272.

777 *bis*. Wyss (Hans von). Ueber das Verhalten der Bromsalze im menschlichen und tierischen Organismus. *Dissert*. Zürich.

Février

26. Ackermann (Edwin). Mitteilung über den refraktometrischen Nachweis des Wasserzusatzes zur Milch. Genf. — *Zeitschr. Unters. Nahrungsmittel* **13**. 186.

27. Baume (Georges) et Tsakalotos (D. E.). Sur la variation des tensions de vapeur en fonction de la température et la détermination des constantes ébullioscopiques. Genève. — *Comptes rendus* **144**. 373.

569 *bis*. Blom (Axel). Versuche zur Synthese des Fisetols und über das 3-Methoxy-cumaranon. *Dissert*. Bern (Prof. Tambor).

614 *bis*. Bonifazi (Enrico). Synthese des 2, 2′, 4′-Trioxyflavonols. *Dissert*. Bern (Prof. v. Kostanecki).

28. Castoro (N.). Ueber das Vorkommen von Ammoniak in Keimpflanzen und über seine Bildung bei der Autolyse solcher Pflanzen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **50**. 525.

29. Demierre (Henri). La fixation de l'azote atmosphérique par le carbure de calcium. Lausanne. — *Bull. technique de la Suisse romande* **1907**. N° 2.

30. Fessel (Gumal). Beitrag zu Kupfermetall-Ammoniakverbindungen. *Dissert*. Zürich (Prof. Werner).

31. Frei (Hans). Ueber den Einfluss von Zusätzen zu geschmolzenen Schwermetallen auf die Stromausbeute. *Dissert*. Zürich (Prof. Lorenz).

32. Grandmougin (E.). Ist in der Wolle der Schwefel an Sauerstoff gebunden? Zürich. Chem.-techn. Lab. — *Chem.-Zeitung* 31. 174.

33. Grandmougin (Eug.). Einwirkung von Natriumhydrosulfit auf Diazoniumsalze. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 422.

34. Grandmougin (Eug.) und Bodmer (Ernst). Kondensation von Gallocyaninfarbstoffen mit Amidoverbindungen. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *J. prakt. Ch.* 75. 199.

35. Kaufler (F.) und Suchannek (W.). Ueber Mesoderivate des Anthracens. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 518.

36. Kehrmann (F.) und Winkelmann (A.). Ueber Azoxindeᐨrivate des Phenanthrenchinons. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 613.

37. Kostanecki (St. v.) und Lampe (V.). Aufspaltung des sauerstoffhaltigen Ringes im Catechin. Bern. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 720.

22 *bis*. Kreuzer (Christian). Ueber geometrisch isomere Hexamminreihen und Nitrito-nitrato-diaethylendiamin-Kobalt-Verbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

38. Lardelli (Achille). Ueber den Einfluss des Arsens (Val Sinestrawasser) auf den Stoffwechsel. *Dissert.* Zürich (Prof. Cloetta).

733 *bis*. Pelet (L.) et Gilliéron (E.). Action de l'iodure de potassium ioduré sur quelques matières colorantes basiques. Lausanne. — *J. Suisse de chimie* 45. 88.

39. Rosicki (Stanislaus). Ueber einige Stilbenderivate. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

40. Schulze (E.). Ist die bei Luftzutritt eintretende Dunkelfärbung des Rübensaftes durch einen Tyrosin- und Homogentisinsäuregehalt dieses Saftes bedingt? Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* 50. 508.

864 *bis*. Smeliansky (Chana). Ueber den Einfluss verschiedener Zusätze auf die Labgerinnung der Kuhmilch. *Dissert.* Zürich (Prof. Silberschmidt).

41. Tschirch (A.) und Wolff (Max). Ueber das Vorkommen von Abietinsäure im Harzöl. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 1.

42. Thum (August). Untersuchungen über die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des Natriums und Lithiums von der Temperatur. *Dissert.* Zürich (Prof. Kleiner).

43. Wagner (Carl). Sur quelques nouveaux dérivés de l'acridone et de la xanthone. *Thèse*. Genève (Dr Ullmann).

44. Werner (A.). Ueber Hydroxo-aquo-dipyridin-diammin- und Diaquo-dipyridin-diammin-Kobaltsalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **40**. 468.

285 *bis*. Widmer (Albert). Synthese des 3,3'-Dioxyflavonols. *Dissert*. Bern (Prof. v. Kostanecki).

908 *bis*. Wolff (Max). Studien über das Sandarakharz. *Dissert*. Bern (Prof. Tschirch).

Mars

26 *bis*. Ackermann (Edwin). Communication sur la preuve réfractométrique d'addition d'eau dans le lait. Genève. Lab. cantonal. — *J. suisse de chimie* **45**. 171.

45. Austerweil (Géza). Untersuchungen über das Scheele'sche Aetznatronverfahren. *Dissert*. Zürich (Prof. Lunge).

2 *ter*. Bach (A.). Action de l'iode sur la peroxydase. Genève. — *Monit. scient*. **21**. 153.

46. Berl (E.) und Smith (Watson jun.). Zur Kenntnis der Celluloseester. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **40**. 903.

47. Bräuer (Egon). Zur Kenntnis der Periderivate des Naphtalins. *Dissert*. Zürich (Dr Kaufler).

48. Briner (E.) et Mettler (E.). Formation du gaz ammoniac à partir de ses éléments sous l'action de l'étincelle électrique : influence de la pression. Genève. — *Comptes rendus* **144**. 694.

49. Chodat (R.), Staub et Pasmanik (J.). Nouvelles recherches sur les ferments oxydants. Sur le mode d'action de la tyrosinase. Genève. — *Archives des sc. phys. et nat.* **23**. 265. 386.

50. Couchet (Ch.) und Némirowsky (G.). Elektrolyse von geschmolzenem Natriumnitrat. Genf. — *Zeitschr. Elektroch.* **13**. 115.

51. Geissler (Cornelia). Ueber Phenanthrolin-Metallverbindungen. *Dissert*. Zürich (Prof. Werner).

52. Grandmougin (Eug.). Nachtrag zur Einwirkung von Natriumhydrosulfit auf Diazoniumsalze. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* **40**. 858.

53. Grober (Dwera). Beitrag zur Frage des Einflusses der Alkalisalze auf den Lösungszustand von Eiweiss. *Dissert*. Zürich (Prof. Gaule).

722 *bis*. GYR (Joseph). Die Kondensation der Benzylcyanid-o-carbonsäure mit Aldehyden. Freiburg. I. chem. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1201.

24 *bis*. JANTSCH (Gustav). Untersuchungen über Koordinationsverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

54. JENSEN (Orla). Ueber den Ursprung der Oxydasen und Reduktasen der Kuhmilch. Bern. — *Zentralbl. Bakteriol.* 18. 211.

55. LANDOLT (Hans). Gefährliches Kaliumchlorat. Turgi. — *Chem.-Zeitung* 31. 285.

56. MAURON (Louis). Ueber die Abspaltung von Kohlenmonoxyd aus tertiären Säuren mittels konzentrierter Schwefelsäure. Freiburg. — *Mitt. der naturf. Ges. in Freiburg* und *Dissert.* Freiburg (Prof. Bistrzycki).

57. OESCH (Joseph). Kritische Studien über Mangan. *Dissert.* Zürich (Prof. Treadwell).

726 *bis*. PELET (L.) et CORNI (G.). Sur la préparation industrielle des nitrites alcalins. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 43. 177.

266 *ter*. PELET (L.) et GARUTI (V.). Dosage des matières colorantes basiques au moyen des matières colorantes acides. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 43. 1.

58. PELET (L.) et GARUTI (V.). Dosages de quelques matières colorantes basiques au moyen d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 43. 30.

59. PICTET (Amé) und JENNY (G.). Ueber Brucinoxyd. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1172.

15 *bis*. PICTET (Amé) und KHOTINSKY (Eug.). Ueber Acetylnitrat. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1163.

60. PICTET (Amé) und RILLIET (Aug.). Ueber die Einwirkung von Formaldehyd und von Methylenchlorid auf Pyrrol. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1166.

61. RENARD (Th.) et GUYE (Ph.-A.). Mesures de tensions superficielles à l'air libre. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* 5. 81.

1 *bis*. ROSENFELD (R.). Ueber die physikalisch-chemischen Bindungsverhältnisse verschiedener Stoffe im Blute. *Dissert.* Bern (Prof. Asher).

62. SCHÖNHOLZER (Albert). Ueber Derivate alkylierter Benzylaniline. *Dissert.* Zürich (Prof. Gnehm).

63. STADLER (Franz). Beiträge zur Kenntnis der Ammoniumphosphorvanadinmolybdate. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

64. STEIGER (O.). Zur Chargenbestimmung auf schwarzgefärbter Seide. Zürich. — *Chem.-Zeitung* 31. 329.

35 *bis.* SUCHANNEK (Walter). Ueber Mesoderivate des Anthracens. *Dissert.* Zürich (Dr Kaufler).

65. SUMMERER (Andreas). Ueber organische Molekülverbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

66. THOMS (H.). Ueber Rottlerin. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 154.

67. TREADWELL (F. P.). Analytical chemistry (New-York). Zürich.

68. TSCHIRCH (A.) und CEDERBERG (H.). Ueber das Glycyrrhizin. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 97 und *Schweiz. Wochenschr.* 45. 215. 230.

69. TSCHIRCH (A.) und EDNER (J.). Ueber den englischen und den französischen Rhabarber. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 139 und *Schweiz. Wochenschr.* 45. 245.

70. TSCHIRCH (A.) und EDNER (J.). Wertbestimmung des Rhabarber. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 150 und *Schweiz. Wochenschr.* 45. 269.

18 *bis.* TSCHIRCH (A.) und SCHULZ (H.). Ueber den zur Herstellung des Resinatweins benutzten Harzbalsam von Pinus halepensis. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* 245. 156.

71. URINOVSKY (Schlioma). Zur Kenntnis des Catechins. *Dissert.* Bern (Prof. v. Kostanecki).

72. VERDA (A.). La décomposition lente des solutions de quelques sels minéraux très stables et l'influence de la lumière sur ces altérations. Lausanne. — *J. suisse de chimie.* 45. 179.

73. WERNER (A.). Ueber strukturisomere Salze der Rhodanwasserstoffsäure und der salpetrigen Säure. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 765.

74. WERNER (A.) und DAWE (K.). Ueber Diisorhodanato-dipropylendiamin- und Dipropylendiamin-diammin-kobaltisalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 789.

75. WILLSTÄTTER (Richard) und VERAGUTH (Hans). Zur Kenntnis der Cyclooctanreihe. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 957.

Avril

292 *bis*. Basci (Serse). Beitrag zur Chemie ammoniakalischer Chromsalze. *Dissert*. Zürich (Dr Pfeiffer).

45 *bis*. Berl (E.) und Austerweil (G.). Zur Kenntnis des Scheeleschen Aetznatronprozesses. Zürich. Techn.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. Elektroch.* 13. 165.

388 *ter*. Bresler (H. W.), Friedemann (W. H.) und Mai (J.). Zur Kenntniss der Diazoxime. Bern. — *Annalen* 353. 228.

76. Briner (E.) et Cardoso (E.). Recherches sur les compressibilités et les tensions de vapeur des mélanges d'oxyde de méthyle et d'acide sulfureux : formation d'une combinaison entre ces deux corps. Genève. — *Comptes rendus* 144. 911.

77. Dinner (Fritz). Recherches sur quelques dérivés de la coumarine et des xanthones. *Thèse*. Genève (Dr Decker).

78. Grün (Ad.) und Schacht (P.). Zur Synthese der Fette. Symmetrische Glyceride. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1778.

79. Grün (Ad.) und Theimer (E.). Zur Synthese der Fette. Unsymmetrische Glyceride und deren Abbau. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1792.

80. Guye (Philippe A.). Le problème électro-chimique de la fixation de l'azote. Genève. — *Monit. scient.* 21. 225.

81. Guye (Philippe A.). Recherches modernes sur les densités des gaz. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* 5. 203.

82. Guye (Ph. A.) und Gautier (M.). Ueber das Prinzip der optischen Superposition. Genf. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *Zeitschr. physikal. Ch.* 58. 659.

83. Karrer (Ulrich). Zur räumlichen Auffassung der Naphtalinformel. *Dissert*. Zürich (Dr Kaufler).

84. Kehrmann (F.) und Prager (H.). Ueber die Einwirkung von Hydroxylamin auf Isorosindon. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 1234.

85. Kym (O.). Einige Kondensationen mit Harnstoff; Harnstoff als ammoniakabgebendes Mittel. Zürich. Univ.-Lab. — *J. prakt. Ch.* 75. 323.

164 *bis*. Last (Ernst). Beiträge zur Kenntnis der Carboniumverbindungen. *Dissert*. Zürich (Dr Dilthey).

10 *bis*. Lorenz (Richard) und Kalmus (H. T.). Das Leitvermögen einiger geschmolzener Salze und über die Methode der

Bestimmung desselben. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. physikal. Ch.* 59. 17.

86. Lorenz (Richard) und Kalmus (H. T.). Die Bestimmung der inneren Reibung einiger geschmolzener Salze. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. physikal. Ch.* 59. 244.

87. Rappeport (Hermann). Conductibilités limites dans quelques dissolvants organiques. *Thèse.* Lausanne (Prof. Dutoit).

60 *bis.* Rilliet (Auguste). Recherches sur la transformation des dérivés du pyrrol en bases pyridiques. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

88. Rumine (Wladimir). Recherches sur quelques dérivés de la quinoléine. *Thèse.* Genève (Dr Decker).

89. Sava (Georges A.). Contribution à l'étude des bases sulfiniques aromatiques. *Thèse.* Genève (Dr Kehrmann).

73 *bis.* Truskier (Pinkus). Zur Synthese metallorganischer Verbindungen. *Dissert.* Zürich (Dr Pfeiffer).

90. Willstatter (Richard) und Benz (Max). Zur Kenntnis der Azophenole. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1578.

91. Willstätter (Richard) und Parnas (Jakob). Ueber 2. 6-Naphthochinon. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1406.

92. Willstätter (Richard) und Veraguth (Hans). Umlagerung von Chinon-phenylhydrazonen in Oxyazoverbindungen. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1432.

36 *bis.* Winkelmann (Albert). Recherches synthétiques dans la série des phénantrophénazoxines. *Thèse.* Genève (Dr Kehrmann).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1907

Le 1er, forte rosée le matin.
les 2, 3 et 4, rosée le matin.
le 6, très fort vent pendant la journée; orage depuis 9 h. 15 m. du soir, grêle sans dégâts appréciables pendant 2 minutes.
7, orage à 6 h. du matin ; forte pluie dans la nuit et à 7 h. du matin.
les 8 et 9, forte rosée le matin.
le 10, légère pluie à 7 h. 30 m. du matin et depuis 8 h, du soir; orage à 8 h. du soir.
les 12, 13, 14 et 15, forte rosée le matin.
le 15, orage à 9 h. et pluie depuis 9 h. du soir.
16, pluie à 7 h. du matin, à 7 h. et à 10 h. du soir.
les 18 et 19, rosée le matin.
le 19, orage dans la soirée et pluie à 10 h. du soir.
du 22 au 28, forte rosée le matin.
le 29, pluie le matin.
les 30 et 31, forte rosée le matin.
le 31, orage dans la soirée.

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'inso-lation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	28.3	27.3	27.7	27.51	− 0.41	26.6	28.3	S. 0	N. 2	N. 0	N. 1	4.5	5	1	3	5	11.4	....	....
2	29.6	29.2	29.5	29.07	+ 1.14	28.2	29.8	S. 0	N. 1	N. 1	N. 1	3.5	1	0	0	1	**12.7**	....	....
3	30.5	29.3	29.3	29.61	+ 1.67	28.6	30.5	S. 0	N. 1	S. 1	N. 1	2.3	1	1	0	1	12.4	....	....
4	29.5	28.2	26.9	28.40	+ 0.45	26.6	29.7	S. 0	N. 1	SE. 1	N. 1	3.1	0	0	4	1	11.8	....	....
5	27.0	25.7	25.3	25.98	− 1.97	23.8	27.8	N. 1	N. 0	SSW. 1	var.	4.2	7	3	0	2	11.0	....	....
6	25.3	26.3	27.9	26.06	− 1.90	25.3	28.1	S. 0	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	5.6	5	6	7	5	11.9	22.1	6
7	30.2	30.8	32.3	30.65	+ 2.69	29.4	33.0	NW. 1	E. 1	S. 1	var.	2.3	10	9	1	7	1.7	0.1	....
8	33.6	32.4	31.4	32.44	+ 4.48	31.0	33.6	SE. 0	N. 1	SE. 0	N. 1	2.5	0	1	0	1	11.9	....	....
9	30.7	28.6	27.2	29.08	+ 1.11	26.4	31.5	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	3.1	2	2	9	4	7.9	....	....
10	25.5	24.9	27.9	25.64	− 2.33	24.0	28.2	S. 0	NE. 0	S. 0	NNE. 1	3.9	10	10	10	9	4.7	14.7	5
11	29.3	29.6	31.0	29.54	+ 1.57	28.1	31.2	SW. 1	NE. 1	NE. 0	NNE. 1	2.5	8	4	1	5	8.6	....	....
12	32.5	31.9	32.7	32.09	+ 4.12	31.1	33.2	S. 0	N. 1	S. 0	var.	3.0	1	1	0	1	11.6	....	....
13	34.4	33.5	33.3	33.61	+ 5.64	32.6	34.6	S. 0	N. 1	E. 0	N. 1	2.4	1	0	0	0	11.3	....	....
14	32.4	30.8	27.8	30.49	+ 2.52	27.0	33.0	S. 0	N. 1	S. 1	calme	1.5	0	0	0	0	11.5	....	....
15	25.2	24.9	26.4	**24.85**	**− 3.11**	**21.9**	27.2	E. 0	SSW. 2	ESE. 1	SSW. 1	9.4	1	10	10	7	8.9	**25.8**	**12**
16	28.3	28.0	30.0	28.28	+ 0.32	26.7	30.0	SE. 1	WSW. 1	SE. 0	var.	15.3	10	10	10	9	5.4	1.4	2
17	30.2	30.3	30.6	30.27	+ 2.32	29.7	31.3	SE. 1	SSW. 1	S. 1	SSW. 2	**18.2**	10	10	0	6	4.6	....	....
18	31.3	30.5	29.5	30.46	+ 2.51	29.1	31.4	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	4.3	0	0	0	0	12.4	....	....
19	29.0	27.8	26.3	27.93	− 0.01	26.1	29.1	N. 0	SW. 1	SW. 1	SSW. 1	2.3	2	3	10	5	11.0	1.7	2
20	28.7	29.2	31.2	29.40	+ 1.47	28.2	31.8	SE. 1	SSW. 1	NNE. 1	var.	10.3	10	10	7	8	2.0	....	....
21	32.7	33.4	35.2	33.29	+ 5.37	31.6	**35.6**	N. 1	N. 1	NE. 1	N. 1	4.5	0	1	0	1	11.8	....	....
22	35.1	33.7	32.3	**33.85**	**+ 5.94**	32.1	35.4	S. 0	NNE. 1	N. 1	N. 1	8.3	0	0	0	0	12.0	....	....
23	30.1	29.3	29.0	29.73	+ 1.83	28.4	31.4	S. 0	S. 1	NE. 1	S. 1	4.1	10	4	8	6	8.2	....	....
24	29.5	29.0	30.3	29.51	+ 1.62	29.0	30.7	S. 0	S. 1	S. 0	var.	4.6	9	6	0	6	5.6	....	....
25	31.0	30.3	30.3	30.50	+ 2.62	29.6	31.1	S. 0	N. 1	S. 1	N. 1	3.6	0	1	0	0	12.0	....	....
26	31.4	30.4	30.1	30.49	+ 2.62	29.5	31.4	S. 0	S. 2	N. 1	var.	3.2	0	1	0	0	11.9	....	....
27	30.6	29.4	30.0	29.99	+ 2.14	29.2	30.7	S. 0	SSW. 2	S. 0	var.	3.6	0	4	0	2	9.6	....	....
28	30.3	29.1	29.0	29.34	+ 1.50	28.4	30.3	S. 0	N. 1	S. 1	var.	4.9	6	4	0	5	9.2	0.2	1
29	28.8	29.3	30.0	29.23	+ 1.41	28.6	30.2	SSW. 1	SSW. 2	SSW. 1	SSW. 1	4.9	10	7	10	8	....	3.8	2
30	30.6	29.6	28.7	29.78	+ 1.98	28.7	30.6	NE. 0	N. 1	SW. 0	N. 1	4.1	2	4	0	2	11.6	....	....
31	28.6	27.3	27.1	27.52	− 0.26	25.6	28.7	SW. 1	N. 1	NNE. 1	N. 1	4.2	4	4	6	5	10.4	15.1	4
Mois	30.01	29.35	29.56	29.50	+ 1.84							4.99	4.0	3.8	3.1	3.6	286.4	84.9	34

GENÈVE — AOUT 1907

Jour du mois	Température 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Observ.	Ecart avec la normale	Min.	Max	Fraction de Saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Min.	Max.	Tempér. du Rhône Midi	Ecart avec la normale	Limnimètre.
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+12.3	+19.0	+17.2	+15.45	− 3.32	+ 8.5	+21.5	75	40	78	68	0	39	92	17.1	− 1.6	1490
2	15.4	20.9	19.4	17.94	− 0.80	11.9	23.9	77	45	71	66	− 2	41	91	17.6	− 1.1	1485
3	17.2	23.4	20.6	19.55	+ 0.85	13.9	26.3	74	58	71	71	+ 3	48	92	18.1	− 0.7	1495
4	17.2	26.2	22.2	21.01	+ 2.34	14.2	32.4	76	49	71	69	+ 1	33	91	....	.....	1480
5	21.0	30.0	26.2	24.30	+ 5.67	17.6	**33.7**	72	42	56	60	− 9	40	88	21.0	+ 2.2	1512
6	21.4	30.9	18.4	**24.64**	+ **6.05**	17.0	32.0	62	31	98	**51**	−18	27	99	20.2	+ 1.4	1540
7	16.6	20.4	18.7	19.26	+ 0.71	16.0	25.0	94	87	75	**84**	**+15**	55	96	19.0	+ 0.2	1495
8	16.0	22.0	20.4	18.94	+ 0.44	13.6	24.8	85	49	73	72	+ 3	37	95	18.9	+ 0.1	1590
9	17.1	24.0	22.4	20.47	+ 2.02	14.6	26.5	81	52	77	74	+ 5	46	94	19.0	+ 0.2	1620
10	19.0	25.8	17.9	21.69	+ 3.29	17.0	29.0	88	74	94	78	+ 9	40	98	19.3	+ 0.5	1620
11	16.4	25.3	21.5	20.71	+ 2.36	14.9	28.0	96	58	70	77	+ 8	40	99	....	.....	1605
12	18.2	24.2	19.7	20 95	+ 2.66	15.1	28.0	80	46	78	71	+ 1	42	94	19.7	+ 0.9	1535
13	17.0	24.8	20.9	20.56	+ 2.33	14.0	26.3	80	33	76	63	− 7	26	90	20.1	+ 1.3	1630
14	17.0	25.8	23.2	21.54	+ 3 37	14.3	30.2	75	47	53	63	− 7	33	91	20.8	+ 2.0	1618
15	20.7	27.3	13.2	21.77	+ 3.67	12.8	29.6	75	34	98	65	− 5	32	98	21.1	+ 2.3	1638
16	12.4	17.0	13.5	14.49	− **3.54**	11.5	20.7	95	54	76	75	+ 5	41	97	14.8	− 4.0	1640
17	13.4	18.8	14.9	16.03	− 1.93	12.0	21.8	84	54	80	71	+ 1	45	90	14.4	− 4.4	1650
18	14.0	20.2	18.9	16.95	− 0.94	10.3	24.0	86	57	75	72	+ 1	38	94	....	.....	1605
19	17.0	29.0	23.4	22.86	+ 5.05	15.1	30.0	80	47	66	63	− 8	40	90	16.2	− 2.6	1580
20	17.8	20.2	16.5	18.79	+ 1.06	15.9	22.7	78	60	58	70	− 1	32	85	16.4	− 2.3	1605
21	13.2	18.0	14.3	15.02	− 2.63	11.0	19.4	62	24	47	**51**	**−20**	**22**	86	16.6	− 2.1	1607
22	10.6	17.9	16.5	**14.15**	− 3.42	**6.4**	20.0	75	46	59	65	− 7	42	97	17.0	− 1.7	1607
23	11.7	20.5	15.3	15.16	− 2.02	8.8	23.0	84	45	68	69	− 3	35	99	18.1	− 0.5	1600
24	11.8	21.7	15.4	15.65	− 1.74	8.9	25.4	78	29	76	69	− 3	25	93	18.4	− 0.2	1592
25	12.1	20.3	17.0	15.96	− 1.34	9.0	22.3	85	60	88	71	− 1	46	100	....	.....	1585
26	13.4	26.2	18.2	18.71	+ 1.50	10 8	27.9	86	34	80	68	− 5	30	97	18.8	+ 0.2	1600
27	14.0	28.0	19.2	19.93	+ 2.82	11.1	29.5	80	32	77	60	−13	28	85	19.3	+ 0.8	1607
28	16.4	25.2	21.7	20.69	+ 3.68	13.3	30.2	74	47	54	59	−14	31	83	19.4	+ 0.9	1611
29	18.2	24.1	20.0	20.59	+ 3.68	16.0	27.0	72	51	66	63	−10	43	90	19.6	+ 1.2	1642
30	17.0	22.9	18.5	19.14	+ 2.34	14.3	24.8	83	54	80	71	− 3	43	89	18.6	+ 0.2	1645
31	+16.1	+22.3	+18.0	+18.45	+ 1.75	+13.1	+25.0	86	63	76	74	− 0	53	89	19.0	+ 0.7	1682
Mois	+15.86	+23.40	+18.81	+19.09	+ 1.18	+13.00	+26.16	80	48	73	68	− 3			18.46	− 0.19	1616

MOYENNES DE GENÈVE. — AOUT 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	28.98	28.71	29.02	28.85	28.25	27.43	27.48	28 83	28.44
2e »	29.89	29.70	30.13	30.03	29.65	28.83	29.13	30.20	29.69
3e »	30.67	30.50	30.78	30.83	30.08	29.56	29.67	30.25	30.29
Mois	29.87	29.67	30.01	29.93	29.35	28.63	28.79	29.78	29.50

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+16.86	+15.45	+17.32	+21.38	+24.26	+25.20	+22.88	+19.25	+20.32
2e »	16.06	15.00	16.39	21.19	23.26	24.48	21.72	17.62	19.47
3e »	13.65	12.10	14.05	18.76	22.74	22.95	20.40	16.45	17.61
Mois	+15.46	+14.12	+15.86	+20.32	+23.40	+24.17	+21.63	+17.73	+19.09

Fraction de saturation en %.

1re décade	84	88	78	60	53	49	63	80	69
2e »	84	90	83	60	49	47	60	78	69
3e »	79	86	79	63	44	45	55	70	65
Mois	82	88	80	61	48	47	60	76	68

Dans ce mois l'air a été calme 242 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{90}{50} = 1.80$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

	mm
Pression atmosphérique........	729.64
Nébulosité..................	3.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$ ..	+19°.36
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$ ..	+19°.22
Fraction de saturation........	67 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

		mm
Press. atmosphér..	(1836-1875).	727.66
Nébulosité..	(1847-1875).	4.7
Hauteur de pluie..	(1826-1875).	80mm.4
Nombre de jours de pluie.	(id.).	10
Température moyenne...	(id.).	+17°.91
Fraction de saturat.	(1849-1875).	71 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	64.3	67.9	66.2	59.6	39.7	53.5	58.1

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	62.4	84.9	69.5	74.8	70.6	83.1

Durée totale de l'insolation à Jussy : $288^{h}.4$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'AOUT 1907

Le 6, très fort vent et pluie.
7, pluie.
9. pluie, orage avec grêle à 2 h. du soir.
les 11, 12 et 13, brouillard; orage et grêle le 12 à midi.
le 15, pluie et orage à 9 h. 30 m. du soir.
les 16 et 17, brouillard le matin et le soir.
le 19, pluie.
les 20, 21, 23, 29 et 30, brouillard.
les 29, 30 et 31, pluie.

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	67.3	68.1	68.8	68.1	− 0.8	67.0	69.1	SW. 1	SW. 1	NE. 2	SW. 1	2	1	0	1	....	....
2	69.9	70.8	71.8	70.8	+ 1.9	69.4	72.2	NE. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	0	1	3	1	....	....
3	71.7	72.0	72.7	72.1	+ 3.2	71.5	72.9	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	2	1	0	1	....	....
4	72.5	73.0	72.6	72.7	+ 3.8	72.3	73.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	1	1	....	....
5	72.7	72.7	72.3	72.6	+ 3.7	72.1	73.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	4	2	3	....	....
6	72.0	71.7	71.5	71.7	+ 2.8	71.3	72.2	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	5	7	4	5	17.6	....
7	71.3	72.2	73.5	72.3	+ 3.4	71.2	73.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	4	8	9.7	....
8	74.3	74.7	74.8	74.6	+ 5.7	74.0	75.0	SW. 1	SW. 2	SW. 0	SW. 1	2	1	0	1	....	....
9	74.1	73.4	74.0	73.8	+ 4.9	73.0	74.5	NE. 0	NE. 1	SW. 2	var.	5	5	10	7	**41.2**	...
10	71.0	70.2	69.8	70.3	+ 1.4	69.5	73.0	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	2	10	2	5	....	....
11	70.6	71.9	73.0	71.8	+ 2.9	70.1	73.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	5	10	6	....	....
12	72.9	73.6	74.3	73.6	+ 4.8	72.5	74.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	10	4	....	....
13	74.5	75.1	75.1	**74.9**	+ **6.1**	74.3	**75.3**	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	0	4	....	....
14	74.2	73.6	72.6	73.5	+ 4.7	72.1	74.6	NE. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	0	3	1	....	....
15	70.5	68.7	65.6	68.3	− 0.5	65.3	71.5	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	8	8	10	9	31.7	....
16	65.3	65.5	67.2	**66.0**	− **2.8**	**65.0**	67.3	NE. 3	NE. 4	NE. 3	NE. 3	10	8	10	9	....	....
17	66.8	68.4	70.1	68.4	− 0.4	66.7	70.5	NE. 2	NE. 3	NE. 2	NE. 2	10	9	10	10	....	....
18	71.3	72.4	72.8	72.2	+ 3.5	71.0	73.0	NE. 1	NE 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
19	72.1	72.1	71.5	71.9	+ 3.2	71.0	73.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	1	4	7	4	13.7	....
20	69.8	68.8	69.2	69.3	+ 0.6	68.6	70.1	SW. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	5	10	10	8	....	....
21	68.5	70.1	71.6	70.1	+ 1.5	68.2	72.1	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	10	1	0	4	....	....
22	71.1	71.7	71.2	71.3	+ 2.7	70.8	72.0	NE. 2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
23	69.2	68.8	68.5	68.8	+ 0.2	68.4	69.6	SW. 2	SW. 1	NE. 1	SW 1	1	6	10	6	....	....
24	68.1	68.6	69.8	68.8	+ 0.3	68.0	70.1	NE. 1	NE. 2	NE. 2	NE. 2	2	5	2	3	....	....
25	70.2	70.8	71.7	70.9	+ 2.4	70.1	71.9	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
26	71.8	71.1	72.4	71.8	+ 3.4	71.0	72.6	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	....
27	72.4	72.6	73.0	72.7	+ 4.3	72.2	73.4	SW. 1	SW. 2	NE. 1	SW. 1	0	1	0	0	....	....
28	72.6	73.0	72.7	72.8	+ 4.5	72.3	73.1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	4	1	2	....	....
29	71.2	71.2	71.7	71.4	+ 3.1	71.0	72.0	SW. 3	SW. 2	NE. 1	SW. 2	10	8	4	7	8.9	....
30	71.1	71.2	70.8	71.0	+ 2.7	70.6	71.8	NE. 2	NE. 2	NE 1	NE. 2	10	5	2	6	1.2	....
31	70.1	69.9	69.5	69.8	+ 1.6	69.1	71.0	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	8	6	10	8	3.8	....
Mois	71.00	71.22	71.49	71.24	+ 2.81							3.9	4.0	4.0	4.0	127.8	....

GRAND SAINT-BERNARD — AOUT 1907

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 5.3	+10.0	+ 8.2	+ 7.8	+ 1.4	+ 2.0	+12.7	31	63	40	45	28	75
2	5.6	13.1	8.8	9.2	+ 2.8	5.4	13.2	58	48	70	59	35	82
3	8.4	13.8	9.2	10.5	+ 4.1	7.2	14.2	62	57	85	68	55	91
4	9.6	16.2	13.3	13.0	+ 6.6	9.0	17.2	52	32	42	42	28	72
5	12.3	16.8	13.2	**14.1**	+ **7.7**	10.2	**18.2**	40	47	78	55	38	85
6	10.6	15.1	14.6	13.4	+ 7.0	10.4	16.0	90	75	46	70	38	92
7	10.2	16.6	8.6	11.8	+ 5.5	7.6	17.5	68	81	68	72	60	90
8	9.4	15.0	10.6	11.7	+ 5.4	7.6	15.3	57	42	58	52	34	73
9	8.7	16.2	10.8	11.9	+ 5.6	8.0	16.6	60	47	64	57	42	78
10	9.4	6.0	6.0	7.1	+ 0.8	5.0	10.6	72	94	83	83	65	95
11	6.6	11.2	7.8	8.5	+ 2.2	6.0	12.0	92	77	96	88	66	98
12	7.3	11.6	8.4	9.1	+ 2.9	5.6	13.2	77	52	93	74	50	97
13	5.6	11.8	7.8	8.4	+ 2.2	5.2	13.0	97	46	78	74	40	98
14	8.4	16.0	11.0	11.8	+ 5.6	7.8	16.2	62	52	84	66	38	87
15	+ 8.8	11.6	+ 7.8	9.4	+ 3.3	+ 8.0	12.2	95	82	78	85	54	98
16	− 0.6	1.6	− 0.6	**0.1**	− **6.0**	− 1.0	7.8	100	82	97	93	64	100
17	0.0	5.0	+ 2.6	2.5	− 3.5	− 0.4	5.8	99	97	96	**97**	60	100
18	+ 7.3	13.8	10.6	10.6	+ 4.6	+ 2.2	14.0	16	44	63	**41**	**10**	83
19	10.2	14.8	10.8	11.9	+ 6.0	8.8	15.2	68	47	78	64	45	85
20	+ 8.2	10.2	+ 3.4	7.3	+ 1.4	+ 3.2	15.2	82	86	100	89	70	100
21	− 1.4	4.1	− 0.2	0.8	− 5.1	− **1.4**	4.8	96	43	85	75	34	98
22	+ 1.8	7.8	+ 4.6	4.7	− 1.1	− 0.2	8.2	35	50	68	51	24	88
23	3.8	13.6	2.6	6.7	+ 1.0	+ 2.4	13.9	58	54	98	70	28	93
24	2.0	7.0	2.8	3.9	− 1.8	1.8	7.2	75	62	100	79	54	100
25	3.3	10.6	6.8	6.9	+ 1.3	2.2	11.0	77	46	78	67	38	88
26	5.8	13.0	7.8	8.9	+ 3.4	5.2	13.2	66	51	60	59	45	79
27	6.4	11.8	8.2	8.8	+ 3.3	6.0	12.2	56	54	48	53	28	83
28	8.6	13.1	10.0	10.6	+ 5.2	7.6	13.2	54	46	68	56	40	85
29	7.3	8.2	6.6	7.4	+ 2.1	6.2	10.2	100	92	83	92	75	100
30	5.3	9.6	6.4	7.1	+ 1.9	5.2	10.0	94	77	85	85	75	95
31	+ 6.0	+ 7.6	+ 6.4	+ 6.7	+ 1.5	+ 6.0	+ 9.0	90	90	92	91	70	95
Mois	+ 6.46	+11.38	+ 7.58	+ 8.47	+ 2.49	+ 5.12	+12.55	70	62	76	69		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AOUT 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				**Fraction de saturation en %**			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	71.68	71.88	72.18	71.90	59	59	63	60
2e »	70.80	71.01	71.14	70.99	79	66	86	77
3e »	70.57	70.82	71.17	70.85	73	60	79	71
Mois	71.00	71.22	71.49	71.24	70	62	76	69

Température.

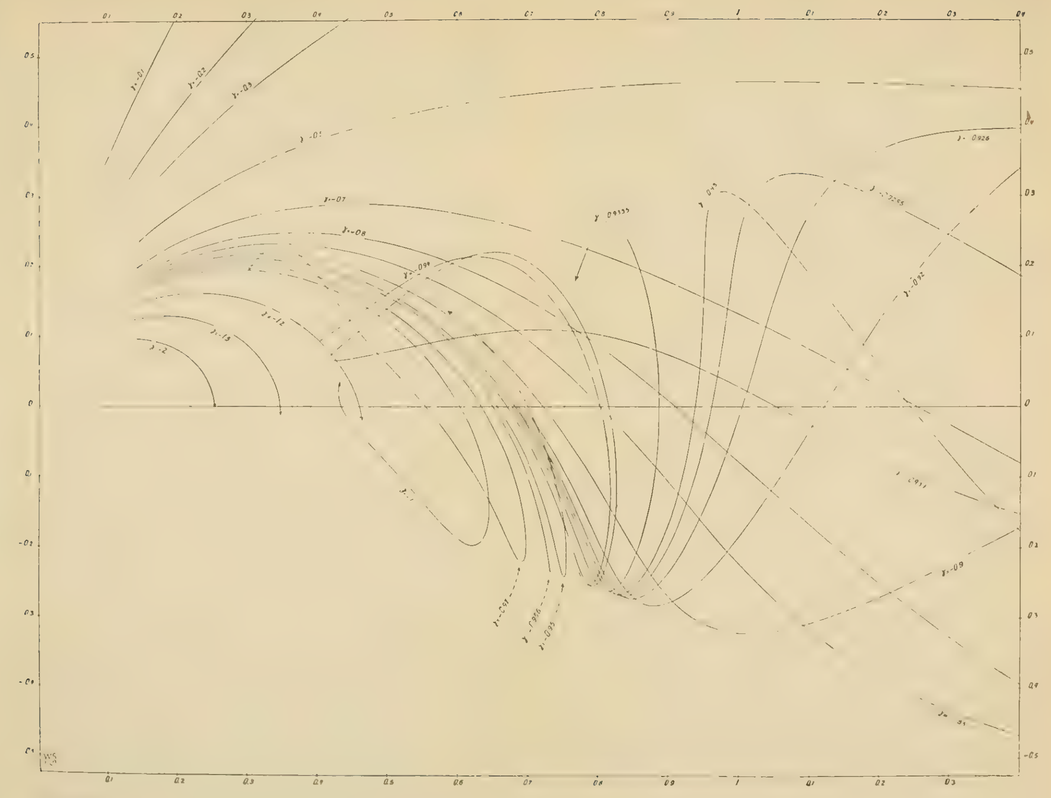
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	o	o	o		o
1re décade	+ 8.95	+ 13.88	+ 10.33	+ 11.05	+ 10.87
2e »	6.18	10.76	6.96	7.96	7.71
3e »	4.45	9.67	5.64	6.59	6.35
Mois	+ 6.46	+ 11.38	+ 7.58	+ 8.47	+ 8.25

Dans ce mois l'air a été calme 21 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{87}{60} = 1.45$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	73.9	55.7	104.1	127.8
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	0cm



Carl Störmer : Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace.

SUR LES TRAJECTOIRES

DES

CORPUSCULES ÉLECTRISÉS DANS L'ESPACE

SOUS

L'ACTION DU MAGNÉTISME TERRESTRE

AVEC APPLICATION AUX AURORES BORÉALES

PAR

Carl STÖRMER

Professeur à l'Université de Christiania

(Suite et fin[1]*.)*

CHAPITRE IV

Sur l'aurore boréale

16. *Application des résultats analytiques à l'expérience de M. Birkeland.*

Nous allons voir comment les résultats des chapitres précédents peuvent s'appliquer à l'expérience de M. Birkeland, dont on trouve la description au commencement de ce mémoire.

Nous substituons à cet effet au petit globe magnétique un aimant élémentaire ayant même moment principal et même axe magnétique que le globe.

[1] Voir *Archives*, juillet 1907, t. XXIV, p. 5; août, p. 113; septembre, p. 221.

En appelant M ce moment, les dimensions des trajectoires seront d'abord fixées par la constante c, définie elle-même par l'équation

$$c = \sqrt{\frac{M}{H_0 \rho_0}}$$

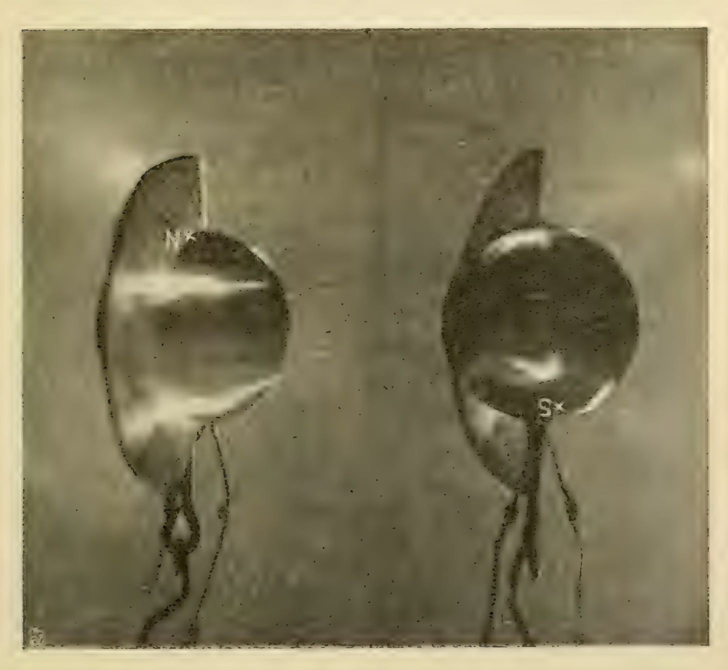
où $H_0 \rho_0$ est le produit caractéristique des rayons cathodiques en question. En effet, d'après les développements du § 4, on obtient les trajectoires des rayons cathodiques en agrandissant dans le rapport $c : 1$ les trajectoires correspondant au cas où $c = 1$, l'origine et l'orientation des axes de coordonnées étant les mêmes.

Il s'ensuit que si l'on peut mesurer directement la constante c en observant les phénomènes lumineux causés par les rayons cathodiques, on peut inversement calculer $H_0 \rho_0$ lorsque l'on connaît le moment M.

Cela posé, en se rappelant la forme des espaces Q_γ on comprend que les endroits du globe rencontrés par les rayons cathodiques varieront extrêmement avec c, c'est-à-dire avec la nature des rayons et avec la grandeur du magnétisme du globe. Ainsi, quand le magnétisme augmente, c augmente, par conséquent les dimensions des espaces Q_γ par rapport au globe augmentent aussi. Si les rayons deviennent plus déviables, c'est-à-dire si le produit $H_0 \rho_0$ diminue, cette diminution aura le même effet que l'augmentation du magnétisme.

Les considérations des paragraphes 6 et 7 suffisent pour indiquer dans chaque cas particulier des régions de la surface du globe, à l'extérieur desquelles il ne peut pas être frappé par les rayons cathodiques. Par exemple, supposons que M augmente à partir de zéro. On n'aura alors qu'à regarder la Pl. I pour voir que les

régions en question se rétrécissent vers certaines ceintures autour des points d'intersection de l'axe magnétique avec la surface du globe, ce qui est conforme aux expériences; pour plus de détails, nous renvoyons le lecteur à la théorie subséquente des ceintures aurorales. Dans ces ceintures, la luminescence causée par les rayons cathodiques n'est pas nécessairement de la même intensité partout; en effet, en regardant les fig. 9 et 10, on voit qu'il y a certains faisceaux distincts de rayons. au voisinage des « trajectoires par l'origine », qui causent une luminescence plus forte que les autres et frappent les ceintures en des endroits distincts; quand la cathode se trouve dans le plan magnétique équatorial,



fig, 2.

ces endroits seront situés deux à deux symétriquement à ce plan ; c'est précisément cela qu'on voit dans l'expérience reproduite sur la figure 2.

Les « coins lumineux de rayons se précipitant obliquement vers le globe » sont évidemment l'image des espaces Q_γ, qui au voisinage de l'origine ont la forme indiquée par l'expérience. On peut aussi les voir, mais indistinctement, sur la figure 2.

Quant aux « tourbillons de courant autour de la sphère », phénomènes qui correspondent probablement à des valeurs plus petites de c, j'ai reconnu qu'ils peuvent aussi être expliqués ; cependant, comme les calculs correspondants ne sont pas encore terminés, nous nous bornerons à dire que l'anneau lumineux est sans doute dû à une masse de rayons se rapprochant plus ou moins d'une infinité de trajectoires périodiques situées au voisinage de la trajectoire circulaire de rayon égal à c dans le plan magnétique équatorial (voir le § 12). Cet

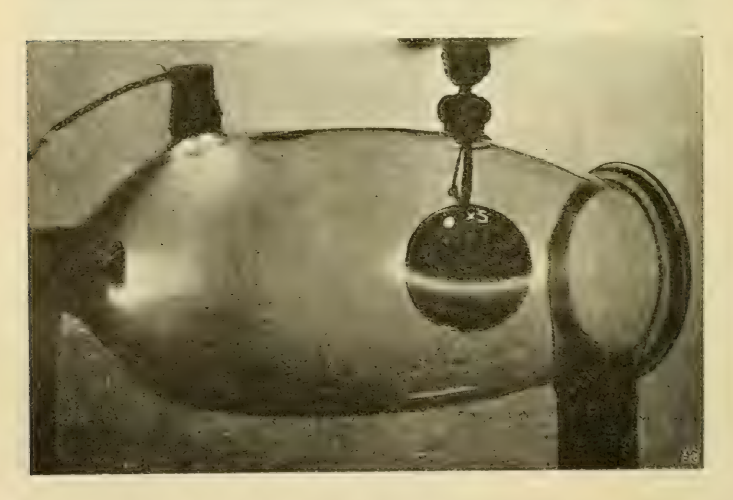


fig. 1.

anneau lumineux, dont on voit une photographie sur la figure 1, aura donc un rayon à peu près égal à c; si donc le magnétisme augmente ou les rayons cathodiques deviennent plus déviables, l'anneau devient plus grand. Pour un magnétisme assez grand, cet anneau ne peut donc exister, parce que son rayon est plus grand que les dimensions du tube de décharge.

Sur la figure 1, on voit au voisinage du pôle magnétique sud une petite tache lumineuse. Cette tache est probablement causée par des rayons cathodiques beaucoup plus déviables que ceux constituant l'anneau ; en regardant les figures 9 et 10, on est conduit à croire qu'ils correspondent à des trajectoires par l'origine pour lesquelles la constante γ est égale à — 0,5 environ.

Quand les calculs correspondants seront achevés, nous espérons pouvoir rendre compte en détail des phénomènes observés dans l'expérience de M. Birkeland, ce qui aura probablement une certaine importance pour l'explication des perturbations magnétiques.

17. *Application aux aurores boréales. Zônes d'aurore.*

Nous arrivons maintenant au but principal de ces investigations, l'application des résultats analytiques à la théorie des aurores boréales.

Ainsi que nous l'avons dit au commencement du mémoire, nous considérons, comme première approximation, le magnétisme terrestre comme étant dû à un aimant élémentaire placé au centre de la terre avec son axe le long de l'axe magnétique, et avec un moment égal à $8,52.10^{25}$.

Il faut d'abord trouver la constante c, qui fixe les dimensions des trajectoires. Comme on a

$$c = \sqrt{\frac{8{,}52.10^{15}}{H_0\rho_0}}$$

la aleur de c dépend donc du produit $H_0\rho_0$, qui aura des valeurs très différentes pour les diverses sortes de corpuscules. Par définition, c sera donné en centimètres ; pour plus de netteté, nous le comptons en kilomètres. On trouve alors, pour les diverses sortes de corpuscules les valeurs suivantes, en nombres ronds[1] :

Rayons β du radium.		Rayons cathodiques.	
$H_0\rho_0 = 1801$	$H_0\rho_0 = 4524$	$H_0\rho_0 = 108$	$H_0\rho_0 = 543$
$c = 2200000$ km	$c = 1400000$ km	$c = 8900000$ km	$c = 4000000$ km

Comme on le voit, les dimensions des trajectoires correspondantes sont énormes par rapport à la terre.

Pour les corpuscules positifs formant les rayons α du radium, on trouve :

Rayons α du radium.	
$H_0\rho_0 = 291000$	$H_0\rho_0 = 398000$
$c = 170000$ km	$c = 146000$

Ici, les dimensions sont beaucoup moindres, et il y a aussi à remarquer que la forme des trajectoires est symétrique à la forme de celles correspondant à une charge négative (voir le § 4), de manière que celles « passant par l'origine » tournent autour de la terre dans la direction de l'est à l'ouest, c'est-à-dire à l'inverse de ce qui a lieu sur la figure 9.

[1] Le calcul des produits $H_0\rho_0$ est basé sur les constantes qu'on trouve dans le livre *Radio-activity* de M. Rutherford, seconde édition.

Cela posé, voyons ce que nous pouvons tirer des formes des espaces Q_γ. Comme l'espace Q_γ est défini pour le cas $c = 1$, appelons pour plus de clarté $Q_{\gamma,c}$ l'espace correspondant dans le cas général où c n'est pas $= 1$. L'espace $Q_{\gamma,c}$ s'obtient donc de l'espace Q_γ en agrandissant celui-ci dans le rapport de $c : 1$, l'origine étant le centre de similitude. Sur la figure 5 on voit les dimensions de la terre relativement aux espaces $Q_{\gamma,c}$ pour les différents rayons. Le plus petit cercle correspond à des rayons cathodiques, les deux suivants aux rayons β du radium et les deux derniers aux rayons α du radium[1].

En admettant l'origine cosmique des corpuscules causant l'aurore, considérons en général le cas où ceux-ci viennent d'une distance de la terre plus grande que c.

Pour que les corpuscules arrivent jusqu'à la terre, il faut d'abord que l'on puisse passer de l'endroit d'émission à la terre en restant partout à l'intérieur de l'espace $Q_{\gamma,c}$ correspondante. Donc, en rappelant les formes des espaces Q_γ on voit d'abord que γ doit être > -1.

D'autre part, en admettant que c est situé entre les limites trouvées plus haut, c'est-à-dire que les dimensions de la terre soient petites par rapport à c, on n'aura qu'à appliquer les considérations à la fin du § 6 pour trouver des limites supérieures de γ. En désignant par Δ la distance du centre de la terre aux endroits des aurores boréales, on trouve alors que

$$\gamma \overline{\overline{<}} \left(\frac{\Delta}{2c}\right)^3$$

[1] Le petit globe de la figure 9 est donc trop grand pour représenter la terre; pour que cela eût lieu, il aurait fallu que $H_0\varrho_0 = 3280000$ environ.

En mettant ici $\Delta = 7000$ km. on trouve donc que $\left(\frac{\Delta}{2c}\right)^3$ est compris entre 6.10^{-11} et $1,3.10^{-5}$. On aura ainsi en tout cas

$$-1 < \gamma < 0,00002$$

Cela posé, en se rappelant la grandeur relative de la terre par rapport aux espaces $Q_{\gamma,c}$, on voit que :

Les corpuscules venant d'endroits d'une distance de la terre plus grande que c, frappent l'atmosphère à l'intérieur de deux zônes, une autour du point d'intersection boréal et une autour du point d'intersection austral de l'axe magnétique et la surface de la terre. Ces zônes sont limitées par des cercles ayant leurs centres sur l'axe magnétique.

Les cercles limitant les zônes sont, d'après la théorie des espaces Q_γ, l'intersection entre la frontière intérieure de l'espace $Q_{\gamma,c}$ pour $\gamma = -1$, et une sphère concentrique à la terre et représentant la limite de l'atmosphère. Appelons α_c l'angle entre le rayon de la terre en un point de ces cercles et l'axe magnétique. On aura alors approximativement, en négligeant la largeur de l'espace $Q_{\gamma,c}$ au voisinage de la terre :

$$\sin \alpha_c = \sqrt{2\,\frac{\Delta}{c}}$$

On trouve ainsi, en posant par exemple $\Delta = 7000$ km :

Pour les rayons cathodiques $2°,3 < \alpha_c < 3°,4$

Pour les rayons β du radium $4°,6 < \alpha_c < 5°,8$

Pour les rayons α du radium $16°,6 < \alpha_c < 18°,1$

Comme on le voit, on trouve pour cet angle α_c des valeurs *trop petites*. En effet, le rayon du centre de la terre à la zône de fréquence maximum des aurores

boréales fait, d'après la carte de M. Fritz, avec l'axe magnétique un angle d'environ 20°. *Cependant il y a lieu de remarquer que l'approximation adoptée ici, en remplaçant le champ magnétique de la terre par le champ d'un aimant élémentaire, ne reste vraie que pour des distances très grandes, et il peut bien arriver que l'on obtienne des résultats plus conformes à la réalité quand on tient compte du vrai champ magnétique autour de la terre.*

Je suis pour le moment occupé aux calculs nécessaires pour trancher cette question fondamentale.

Précisons encore nos hypothèses *en supposant que le centre d'émission des corpuscules est situé sur le soleil.* Comme nous l'avons dit dans l'introduction, nous supposons alors que le soleil n'est pas entouré d'un champ magnétique.

Nous allons voir que cette hypothèse restreint encore davantage l'étendue des régions de l'atmosphère frappées par les corpuscules, de manière que nous obtenons des zônes en forme de ceintures rappelant les zônes de fréquence maximum des aurores.

Pour le voir, il faut maintenant appliquer les résultats sur les trajectoires et surtout sur celles venant de l'infini et passant par l'origine.

En effet, à cause de la petitesse de la terre par rapport à c, il n'y a que les trajectoires situées *très près de celles passant par l'origine* qui peuvent arriver jusqu'à la terre pour y causer l'aurore. Or le soleil ne peut pas avoir toutes les positions possibles relativement à la terre ; en effet, l'angle entre le rayon vecteur de la terre au soleil et le plan équatorial de celle-ci varie

entre — 23° $^1/_2$ et 23° $^1/_2$, et d'un autre côté l'axe magnétique fait avec l'axe de rotation un angle de 11° $^1/_2$ environ. Donc l'angle que fait le rayon vecteur de la terre au soleil avec le plan *magnétique* équatorial sera compris entre — 35° et + 35°. Par conséquent les trajectoires des corpuscules venant des endroits où cet angle est > 35° ou < — 35°, seront à rejeter.

Cherchons les valeurs correspondantes de la constante γ pour les trajectoires en question. Choisissons $H_0\rho_0 = 315$, valeur moyenne pour les rayons cathodiques. Cela donne pour c la valeur 5 200 000 km. Si donc c est pris pour l'unité, la distance de la terre au soleil sera représentée par le nombre

$$\frac{150\,000\,000}{5\,200\,000} = 28{,}84\ \ldots$$

C'est cette distance dont nous avons parlé plusieurs fois dans le chapitre précédent et que nous avons appelée S. Cela posé, l'angle en question est celui que nous avons appelé auparavant ψ_γ et il faut donc que $-35° < \psi_\gamma < 35°$. En consultant le tableau du § 14, on voit donc que les valeurs de γ entre 0 et — 0,2 seront à rejeter. Pour d'autres valeurs de $H_0\rho_0$, le résultat ne sera pas sensiblement différent de celui-ci, et nous aurons pour les corpuscules venant du soleil :

$$-1 < \gamma < -0{,}2$$

Si l'on cherche les endroits où l'aurore sera visible, il faut en outre tenir compte de cette circonstance bien évidente qu'il faut que le crépuscule soit assez avancé pour que l'on voie l'aurore. La grandeur de l'angle Φ_γ jouera ainsi un rôle. En regardant le modèle figure 9,

on voit que pour $\gamma > -0,5$ par exemple il fera jour aux endroits où l'on a l'aurore. Nous pouvons donc dire que les trajectoires causant des aurores visibles correspondent à

$$-1 < \gamma < -0,5$$

Cette condition exclue de la zône d'aurore trouvée plus haut les parties comprises entre l'axe magnétique et des cercles correspondant à l'intersection entre la frontière extérieure de l'espace $Q_{\gamma,c}$ pour $\gamma = -0,5$ et l'atmosphère. Appelons β_c l'angle entre le rayon de la terre et un point de ces cercles et l'axe magnétique. On aura approximativement comme pour l'angle α_c :

$$\sin \beta_c = \sqrt{\frac{\Delta}{c}}$$

ce qui donne, Δ étant choisi égal à 7000 km :

Pour les rayons cathodiques $1°,6 < \beta_c < 2°,4$
Pour les rayons β du radium $3°,2 < \beta_c < 4°,1$
Pour les rayons α du radium $11°,6 < \beta_c < 12°,7$

On trouve donc que les aurores d'origine solaire apparaîtront dans des zônes d'une largeur de quelques degrés, une autour de l'axe magnétique dans les régions arctiques et l'autre autour de l'axe magnétique dans les régions antarctiques, ce qui est d'accord avec les zones de fréquence maximum des aurores, comme on peut le voir par exemple sur la carte ci-jointe de Fritz[1] sur la fréquence de l'aurore boréale dans les deux derniers siècles.

Sur cette carte, le point d'intersection de l'axe magnétique et la surface de la terre est indiqué par des

[1] Voir Fritz : Das Polarlicht.

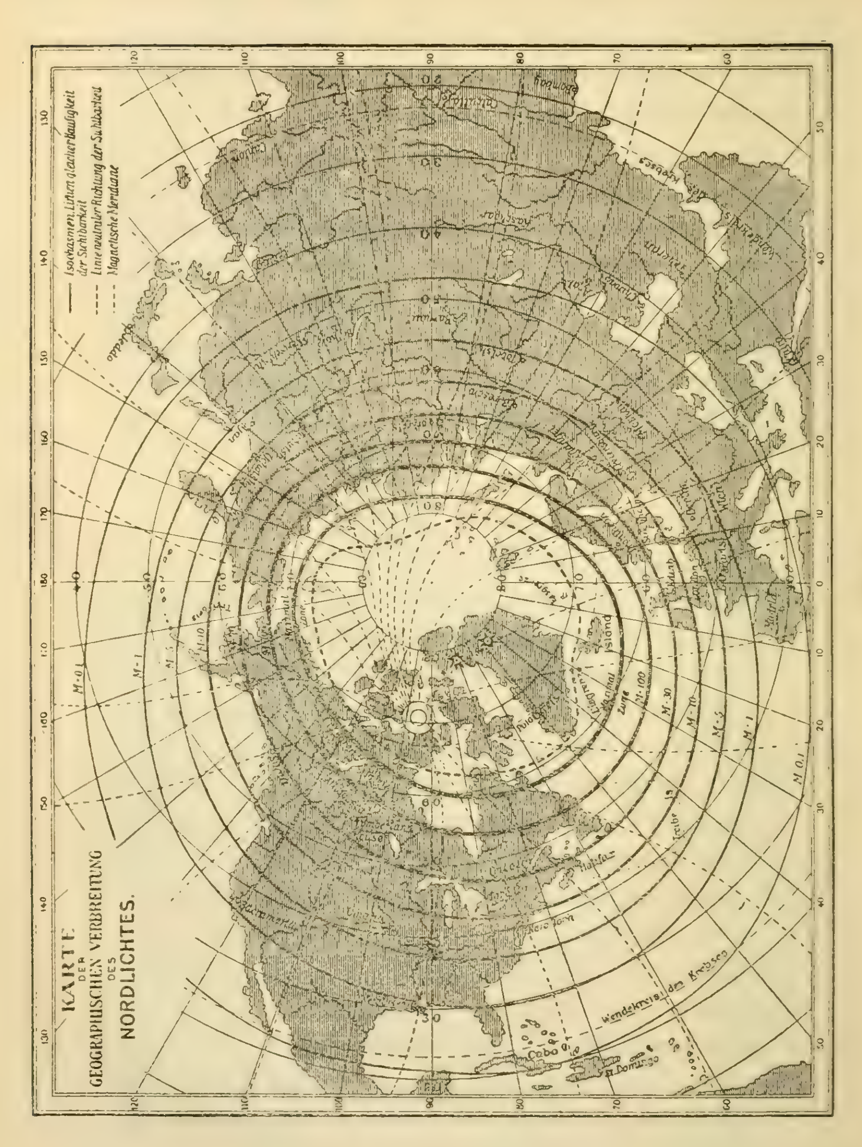

KARTE
DER
GEOGRAPHISCHEN VERBREITUNG
DES
NORDLICHTES.
Isochasmen, Linien gleicher Häufigkeit der Sichtbarkeit
Linie neutraler Richtung der Sichtbarkeit
Magnetische Meridiane

fig. 12.

étoiles ; celui situé le plus à l'ouest correspond à l'année 1900, l'autre à l'année 1700[1].

Seulement les zônes ont un rayon trop petit, circonstance dont nous nous sommes déjà occupé dans ce qui précède.

Il y a encore une circonstance digne de remarque. On voit comme les zônes théoriques d'aurores s'éloignent de l'axe magnétique à mesure que $H_0\rho_0$ croit.

Cela explique peut-être comment les aurores qui accompagnent des grandes taches solaires peuvent être observées en des endroits beaucoup plus éloignés de l'axe magnétique que les aurores ordinaires ; en effet, il est probable que les corpuscules émis par le soleil par de pareilles et violentes éruptions sont beaucoup plus difficiles à dévier par les forces magnétiques que les corpuscules émis dans des conditions ordinaires, en d'autres termes, elles auront des valeurs beaucoup plus grandes pour $H_0\rho_0$.

Quant aux espaces en dehors de la terre *non parcourus par des corpuscules*, signalons l'espace « toroïde » remarquable, limité par la frontière intérieure de l'espace $Q_{\gamma,c}$ pour $\gamma = -1$, c'est-à-dire par la surface de révolution à courbe méridienne.

$$r = c \frac{\cos^2 \psi}{1 + \sqrt{1 + \cos^3 \psi}}$$

Le rayon du cercle formant l'intersection de cette

[1] Leurs situations sont calculées par les formules de *M. Carlheim-Gyllensköld* (voir *Arkiv för Mathematik, Astronomi och Fysik*. vol. III, n° 7. Upsala, 1906). La carte elle-même sans étoiles est reproduite d'après le *Lehrbuch der cosmischen Physik* de *M. Arrhenius*.

surface avec le plan magnétique équatorial est égal à $c\,(\sqrt{2}-1)$, c'est-à-dire *plusieurs fois le rayon de l'orbite de la lune pour les rayons cathodiques ordinaires*. Dans cet espace, il ne peut donc cheminer aucun rayon venant d'une distance de la terre plus grande que c.

18. *Apparition des aurores pendant la nuit. Directions d'émanation distinguées. Variations brusques. Les rayons auroraux et leurs dimensions.*

Nous allons essayer d'expliquer une série de détails des phénomènes auroraux en y appliquant les résultats d'analyse mathématique développés dans ce qui précède.

Il était fort difficile d'expliquer par les théories anciennes le fait que les *aurores peuvent apparaître pendant la nuit*; ce fait est une conséquence immédiate de notre théorie. En effet, nous avons vu comment les corpuscules venant du soleil peuvent faire des circuits plus ou moins complets autour de la terre et arriver à l'atmosphère en des endroits restant dans la nuit (voir par exemple le modèle figure 9); ce fait découle déjà des expériences de M. Birkeland, citées au commencement de ce mémoire.

Cependant, pour que les corpuscules puissent tourner autour de la terre pour y arriver au côté nuit, il faut que c soit assez grand, c'est-à-dire que *le produit $H_0\rho_0$ pour les corpuscules en question soit assez petit*. En effet, si $H_0\rho_0$ est trop grand, il est impossible que le magnétisme terrestre puisse dévier les corpuscules assez pour qu'ils frappent le côté nuit de la terre. Les

grains de matière figurant dans la théorie *d'Arrhenius* me semblent appartenir à cette catégorie où $H_0\rho_0$ est trop grand ; pour en décider, il faut cependant avoir des données suffisantes sur la vitesse, la masse et la charge de ces grains pour en déduire le produit $H_0\rho_0$ correspondant.

Revenons à l'hypothèse que les aurores sont dues à des corpuscules venant du soleil. Considérons, pour fixer les idées, *un centre d'émanation sur celui-ci, jetant des corpuscules dans toutes les directions.*

Considérons tous les corpuscules pour lesquels le produit $H_0\rho_0$ a *la même valeur*, située entre 100 et 400 000. Comme nous l'avons déjà dit, il n'y a que les corpuscules dont les trajectoires sont situées très près de celles passant par l'origine qui puissent arriver à la terre pour y causer l'aurore.

Donc, en se rappelant nos résultats sur les trajectoires par l'origine, on voit que les corpuscules *jetés dans certaines directions distinctes arrivent seuls à la terre*, tandis qu'aucun des autres n'y arrive ; nous appellerons ces directions *directions distinguées*. Ces directions distinguées, leur groupement et leur nombre dépendent dans une large mesure de la situation du centre d'émanation par rapport à l'axe magnétique de la terre. Ainsi, comme cette situation change à chaque instant à cause des mouvements propres de la terre, surtout à cause du mouvement de l'axe magnétique autour de l'axe de rotation, on comprend que les directions distinguées et leur nombre peuvent changer considérablement avec le temps : par exemple, certaines de ces directions peuvent cesser d'exister tandis que de nouvelles peuvent apparaître.

Si, au surplus, le centre d'émission jette des corpuscules non pas dans toutes les directions possibles, mais seulement en grands faisceaux plus ou moins coniques, les directions de ces faisceaux, variables avec la rotation du soleil, changent aussi avec le temps, ce qui rend la variation des directions distinguées encore plus accentuée.

Cela explique la nature si variable des phénomènes auroraux et les changements brusques qu'on observe si souvent quand on a des grandes aurores.

Si les perturbations magnétiques sont également dues à des corpuscules, on doit s'attendre aux mêmes changements brusques pour ces phénomènes, et c'est là ce qu'on observe aussi en réalité.

Avec cette hypothèse, on aura peut-être une explication de ce fait qu'une grande tache solaire peut causer une perturbation magnétique la première fois qu'elle passe, par exemple, par le méridien solaire central (c'est-à-dire dont le plan contient la terre), tandis que l'on n'observe aucune trace de perturbation la seconde fois que cette même tache passe au même méridien. En effet, si la tache émet des faisceaux coniques étroits, il se peut fort bien qu'en raison de la période de 27 jours séparant le premier et le second passage, les situations relatives du soleil et de la terre soient tellement changées que les faisceaux au deuxième passage ne coïncident pas avec des directions distinguées, ainsi qu'il arrivait au premier passage.

D'un autre côté, on a beaucoup d'exemples de ce fait qu'un phénomène auroral ou une perturbation magnétique peuvent *se répéter quelques jours de suite presque à la même heure pour s'évanouir ensuite.* Si

l'on remarque que les positions relatives de la terre et du soleil changent périodiquement en 24 heures, ces phénomènes trouvent aussi leur explication par ce qui précède, les positions favorables se reproduisant chaque fois que le phénomène apparaît de nouveau.

Considérons maintenant les corpuscules correspondant à la même valeur de $H_0\rho_0$ et dont les directions d'émission ne diffèrent que très peu d'une des directions distinguées D_γ.

Les trajectoires correspondantes sont alors situées au voisinage de la trajectoire passant par l'origine, correspondant à la direction D_γ. En suivant les corpuscules le long de ces trajectoires, on trouvera donc qu'un nombre toujours croissant de ces corpuscules rebroussent chemin à mesure qu'on s'approche de la terre, en faisant des spirales comme les géodésiques d'un cône (voir figure 13 et figure 14).

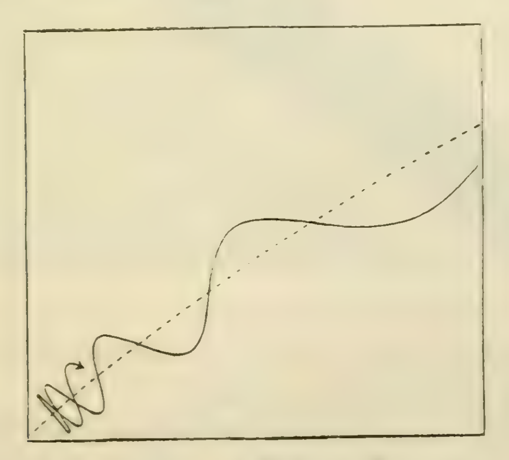


fig. 13. — Trajectoire spirale, calculée par intégration numérique ; la ligne au milieu est une trajectoire par l'origine. (Voir la fin du § 12.)

Ces spirales deviennent de plus en plus étroites à mesure qu'on s'approche de la terre, et à l'entrée dans l'atmosphère il ne reste du faisceau qu'un étroit « rayon auroral » formé des trajectoires spirales très voisines de la « trajectoire par l'origine ». Parce que ce rayon vient du dehors, ses parties supérieures sont diffuses, et la luminosité augmente vers le bas, pour disparaître

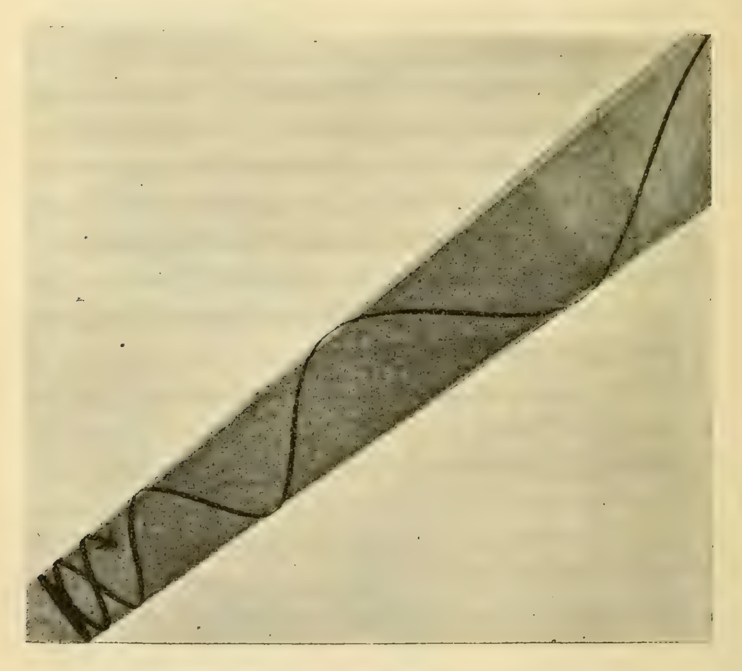


fig. 15. — Géodésique d'un cône, correspondant au cas d'un seul pôle (voir le § 2).

brusquement quand la vitesse des corpuscules est assez réduite par la résistance de l'air.

Quant à la direction d'un tel rayon auroral, *elle suivra, comme la trajectoire par l'origine, une ligne de force magnétique.*

La largeur d'un tel rayon auroral peut être aisément

calculée ; en effet, cette largeur sera sensiblement égale à la largeur de l'espace $Q_{\gamma,c}$, γ étant la valeur correspondante à la trajectoire de la direction d'émanation D_{γ}.

On trouve ainsi, en se rappelant les formules (14) et (15), que la largeur sera approximativement $\frac{\Delta^3}{c^2}$ où Δ est la distance du centre de la terre à l'endroit considéré du rayon auroral, Δ et c étant comptés en centimètres.

En posant, par exemple, $\Delta = 6500$ km, on trouve alors pour les différentes valeurs de $H_0\rho_0$ les largeurs L suivantes :

Rayons cathodiques.

$H_0\rho_0 = 108$	$H_0\rho_0 = 315$	$H_0\rho_0 = 543$
L = 3,5 m.	L = 10 m.	L = 17,5 m.

Rayons β du radium.

$H_0\rho_0 = 1801$	$H_0\rho_0 = 4524$
L = 58 m.	L = 146

Rayons α du radium.

$H_0\rho_0 = 291000$	$H_0\rho_0 = 398000$
L = 9380 m.	L = 12850 m.

Voyons comment ces valeurs s'accordent avec la réalité. Dans les observations de *M. Carlheim Gyllensköld* faites au Cap Thordsen[1], on trouve qu'il a mesuré la largeur d'une multitude de rayons auroraux, et comme résultat il a trouvé que cette largeur est vue sous des angles variant entre 10′ et 3′ ; mais il n'a pas observé les parallaxes nécessaires pour calculer les distances des rayons ; cependant, nous pouvons sup-

[1] Voir Observations faites au Cap Thordsen, Spitzberg, par l'expédition suédoise, tome II, *Aurores boréales*, p. 132.

poser avec probabilité la distance comprise entre 5 et 400 km.

Voyons quelles largeurs on en déduit. On trouve :

Distance 5 km.

Angle 10′	Angle 3°
L = 14,5 m.	L = 262 m.

Distance 400 km.

Angle 10′	Angle 3°
L = 1164 m.	L = 20940 m.

En d'autres termes, on *trouve des largeurs du même ordre que celles correspondant aux corpuscules des rayons cathodiques et des rayons α et β du radium.*

19. *Des ensembles de rayons auroraux. Explication des draperies. Calcul de leurs longueur et épaisseur.*

Nous avons jusqu'ici considéré seulement les trajectoires émises d'un seul point P_0 d'une surface d'émanation.

Nous allons maintenant considérer l'ensemble des trajectoires des corpuscules émis dans les directions distinguées de tous les points de la surface d'émanation.

Supposons comme auparavant que le produit $H_0\rho_0$ ait la même valeur pour tous les corpuscules, et pour fixer les idées posons

$$H_0\rho_0 = 315$$

valeur moyenne pour des rayons cathodiques.

Considérons la figure 11, où la terre est placée à l'origine, son axe magnétique coïncidant avec l'axe des z et le pôle magnétique sud tourné vers les z positifs. Supposons M_γ identique avec notre point d'émana-

tion P_0 et considérons les accroissements de γ et l'angle Φ_γ pour un petit déplacement du point M_γ.

Par ce déplacement, supposons que la distance de l'origine reste la même, que ψ_γ sera changé en $\psi_\gamma + \Delta\psi$, et que l'angle φ passera de zéro à $\Delta\varphi$.

Soient $\Delta\gamma$ et $\Delta\Phi$ les accroissements correspondants de γ et de Φ_γ. Il faut observer d'abord que $\Delta\gamma$ ne dépend que de $\Delta\psi$ et non de $\Delta\varphi$; de plus $\Delta\Phi = \Delta\varphi + \Delta_1\Phi$, où $\Delta_1\Phi$ est l'accroissement de Φ_γ quand φ reste constant et égal à zéro et que ψ_γ devient $\psi_\gamma + \Delta\psi$.

Pour trouver $\Delta\gamma$ et $\Delta_1\Phi$, il suffit de connaître les angles ψ_γ et Φ_γ en fonction de γ quand on suit par continuité la série des « trajectoires par l'origine », correspondant au point et à la direction d'émanation considérés.

Nous pouvons le faire, par exemple, pour la série des courbes où γ varie entre 0 et — 0,93, en nous servant des tables des §§ 14 et 15; c'est ce que nous ferons tout à l'heure.

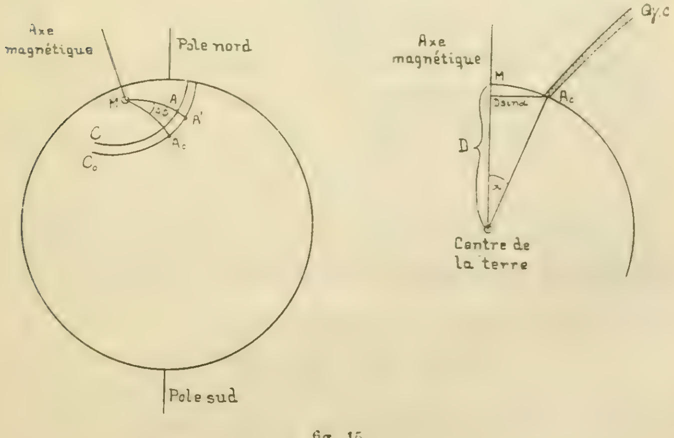


fig. 15

Quand on a ainsi trouvé $\Delta\gamma$ et $\Delta\Phi$ on en déduit aisément la situation du rayon auroral correspondant par rapport au rayon auroral primitif.

En effet, décrivons autour de la terre une sphère concentrique Σ dont le rayon D soit égal au rayon de la terre, plus la hauteur de l'aurore au-dessus de sa surface, par exemple D = 6500 km.

Soit, sur la figure 15, A_0 le point où l'axe du rayon auroral primitif, correspondant au point d'émanation P_0, rencontre cette sphère, et A le point de rencontre de l'axe du rayon auroral correspondant au point d'émanation déplacé.

Soient C_0 et C deux petits cercles de la sphère Σ ayant leurs centres sur l'axe magnétique et passant, l'un par A_0, l'autre par A. Soient MA_0 et MA deux grands cercles de la même sphère passant par l'axe magnétique et les points A_0 et A; soit enfin A' le point d'intersection du cercle C_0 avec le cercle MA.

Nous allons trouver l'arc A_0A' et la largeur AA', ce qui détermine le déplacement de A par rapport à A_0.

Comme γ est négatif, posons $\gamma = -\gamma_1$.

Comme dans le calcul de la ceinture des aurores, nous avons (voir la figure) :

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{2\gamma_1 D}{c}}$$

En dérivant par rapport à γ_1, il viendra (α étant compté non en degrés, mais comme un arc de cercle de rayon 1) :

$$\cos\alpha \quad \frac{d\alpha}{d\gamma_1} = \sqrt{\frac{D}{2c\gamma_1}}$$

Pour l'accroissement $\Delta\alpha$ de α correspondant à l'ac-

croissement $\Delta\gamma$ de γ on peut donc poser avec assez d'approximation, $\Delta\gamma$ étant égal à $-\Delta\gamma_1$,

$$\Delta\alpha = -\frac{1}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{D}{2c\gamma_1}}.\Delta\gamma$$

Donc

$$A'A = -\frac{D}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{D}{2c\gamma_1}}.\Delta\gamma \qquad \text{(XIII)}$$

Ici le point A sera plus loin ou plus près de l'axe magnétique que le point A_0, selon que $\Delta\gamma$ est négatif ou positif.

Cherchons, d'un autre côté, la longueur de l'arc A_0A'. L'angle A_0MA' est égal à $\Delta\Phi$; si $\Delta\Phi$ est compté en degrés, on aura donc

$$A_0A' = \frac{\pi}{180}\Delta\Phi.\ D\sin\alpha$$

Comme $\Delta\Phi = \Delta\varphi + \Delta_1\Phi$, il viendra donc enfin

$$A_0A' = \frac{\pi}{180}[\Delta\varphi + \Delta_1\Phi]\ D\sin\alpha \qquad \text{(XIV)}$$

Ici A' sera situé à l'ouest ou à l'est du point A_0, selon que A_0A' est positif ou négatif.

Les formules (XIII) et (XIV) déterminent la situation du rayon auroral déplacé par rapport au rayon auroral primitif; rappelons que le dernier correspond au point d'émanation P_0 avec coordonnées r_0, φ_0 et ψ_0 et à la direction d'émanation D_γ, et que le premier correspond au point d'émanation P avec coordonnées r_0, $\varphi_0 + \Delta\varphi$, $\psi_0 + \Delta\psi$ et avec direction d'émanation $D_{\gamma + \Delta\gamma}$. $\Delta\gamma$ et $\Delta_1\Phi$ peuvent être trouvés quand on a calculé les courbes $\psi_\gamma = f(\Phi_\gamma)$ et $\gamma = g(\Phi_\gamma)$.

On comprend que, par les formules (XIII) et (XIV),

il sera possible de calculer, pour chaque forme donnée de la surface d'émanation, la forme de la région correspondante de la sphère Σ frappée par les corpuscules.

Cette correspondance des formes des deux régions varie, comme on le voit, avec γ, c'est-à-dire avec la position relative du soleil et de la terre, et avec la direction d'émanation distinguée D_γ, que nous considérons.

On comprend, par suite, que le nombre de cas différents sera énorme. *Dans chaque cas particulier, on aura dans l'atmosphère une certaine figure aurorale qui sera, d'après une certaine règle, la transformée de la surface d'émanation.*

Nous allons voir comment cette théorie donne une explication toute naturelle des phénomènes si remarquables qu'on appelle les *draperies d'aurore* et dont on voit une reproduction sur la figure 16, d'après l'ouvrage classique de M. Paul Gaimard : *Voyages en Scandinavie, en Laponie et au Feröe*[1].

En effet, si la situation du point d'émanation P_0 et la direction d'émanation D_γ sont choisies de telle sorte que $\Delta\Phi$ soit très grand et $\Delta\gamma$ très petit par rapport à $\Delta\psi$, alors A_0A' devient très grand par rapport à $A'A$; donc les rayons auroraux provenant de la surface d'émanation seront distribués dans un espace *dont la longueur est très grande par rapport à son épaisseur*. En d'autres termes, on verra ce qu'on appelle, suivant les circonstances, un arc, une bande ou une draperie. Les rayons auroraux suivront les lignes de force magnétiques, et la draperie s'étend dans la direction de l'est à l'ouest magnétique.

[1] Cette draperie a été observée à *Bossekop* le 6 janvier 1839.



Fig. 16.

De pareils cas arrivent, par exemple, pour des situations où l'angle ψ_γ considéré comme fonction de Φ_γ a un maximum ou un minimum.

Les draperies seront surtout très longues, quand la courbure de la courbe $\psi_\gamma = f(\Phi_\gamma)$ (où ψ_γ et Φ_γ sont des coordonnées cartésiennes) est très petite aux points de maximum et de minimum ; l'épaisseur des draperies sera la plus petite possible quand la variation de ψ_γ par rapport à γ est la plus grande possible. Ces deux circonstances se présentent surtout quand γ est situé entre — 0,93 et — 1.

Nous allons maintenant donner *un exemple numérique* pour illustrer la théorie : cependant, pour obtenir un résultat plus conforme à la réalité, calculons d'abord les déplacements AA' et A_0A' sur une sphère de Σ de rayon $D = 500\,000$ km. et supposons que dans l'espace intérieur à cette sphère les trajectoires cheminent de telle sorte qu'elles rencontrent l'atmosphère dans la ceinture de fréquence maximum des aurores, située à 20° de l'axe magnétique.

Pour les parties des trajectoires extérieures à cette sphère, nous pouvons appliquer l'hypothèse de l'aimant élémentaire ; en remarquant que $c = 5{,}2$ millions de kilomètres, c'est-à-dire que D/c est moindre que 0,1 on comprend que $\Delta\Phi_1$ peut être tiré de la table des valeurs Φ_γ sans faute sensible (cnf. la formule IX'').

Cela posé, pour obtenir une draperie, considérons la position relative de la terre et du soleil correspondant au *minimum* de ψ_γ pour γ entre — 0,9285 et — 0,93. Par interpolation numérique et graphique, on trouve pour la variation simultanée de γ, de ψ_γ et de Φ_γ la figure suivante :

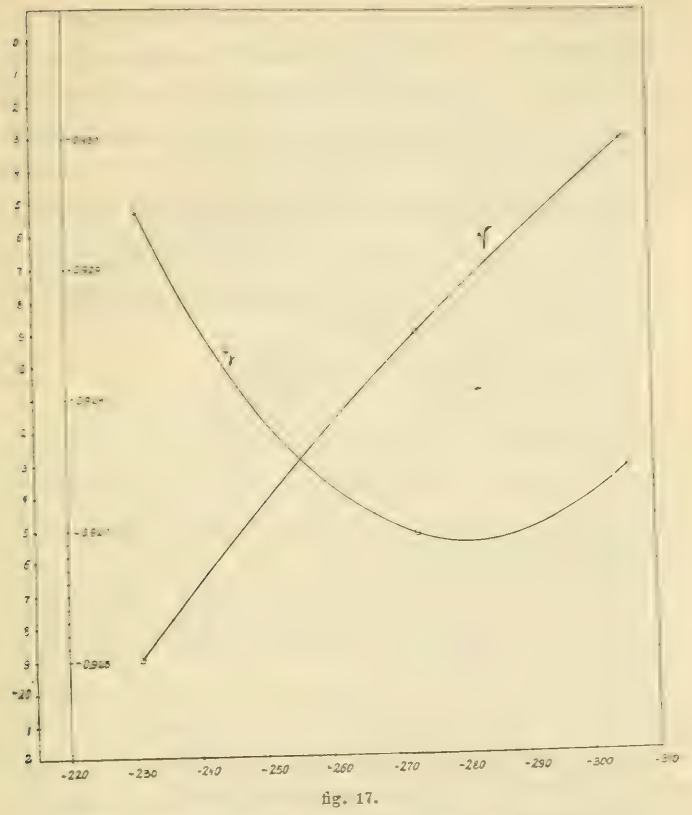


fig. 17.

Pour le minimum de ψ_γ on trouve les valeurs :

$$\gamma = \gamma_0 = -\,0{,}928934$$
$$\psi_\gamma = \psi_0 = -\ \ 15^\circ{,}49$$
$$\Phi_\gamma = \Phi_0 = -\,281^\circ{,}97$$

et aux environs de ces valeurs, on trouve

$$\psi_\gamma - \psi_0 = 0{,}00398 \quad (\Phi_\gamma - \Phi_0)^2$$
$$\gamma - \gamma_0 = 0{,}0000486\ (\Phi_\gamma - \Phi_0)$$

c'est-à-dire

$$\Delta\psi = 0{,}00398 \quad (\Delta_1\Phi)^2$$
$$\Delta\gamma = 0{,}0000486\ \Delta_1\Phi$$

Supposons que la surface d'émanation est située de telle sorte que $\psi = \psi_0$ au point P_0 et que $\Delta\psi$ varie entre 0 et $+\varepsilon$; alors les formules font voir que $\Delta_1\Phi$ variera entre $-15,85\sqrt{\varepsilon}$ et $+15,85\sqrt{\varepsilon}$ et $\Delta\gamma$ entre $-0,00077\sqrt{\varepsilon}$ et $+0,00077\sqrt{\varepsilon}$.

En substituant cela dans les formules (XIII) et (XIV), on trouve, sur cette sphère Σ de rayon 500000 km. que la région frappée par les axes des spirales auroraux aura les dimensions suivantes :

Largeur : $193,3\sqrt{\varepsilon}$ kilomètres.

Longueur : $3688\,\Delta\varphi + 116920\sqrt{\varepsilon}$ kilomètres.

Supposons que la surface d'émanation est une tache ou facule solaire : ε *désigne alors son étendue angulaire maximum (en degrés) dans une direction parallèle à l'axe magnétique de la terre.*

En négligeant $3688\,\Delta\varphi$ par rapport à $116920\sqrt{\varepsilon}$, on trouve alors pour des grandeurs différentes de la tache (ou de la facule) :

ε	Largeur.	Longueur.
1″	3,2 km.	1950 km.
10″	10,2 »	6160 »
1′	25 »	15090 »
3′	43,2 »	26145 »

On aura donc sur la surface Σ des régions dont les longueurs sont plus de 600 fois leurs largeurs. On comprend alors qu'en suivant les trajectoires à partir de la surface Σ jusqu'à la ceinture d'aurores de la terre, on trouvera qu'elles frappent l'atmosphère dans une région ayant forme d'une draperie très étroite et très longue.

Essayons de calculer les dimensions de cette draperie. Supposons que si le rayon de la sphère Σ diminue jus-

qu'à 6500 km., alors la longueur de la région trouvée reste proportionnelle avec sa distance à l'axe magnétique et que sa largeur diminue comme si le champ était dû à un aimant élémentaire. Alors un calcul analogue à celui qui précède donne, en remarquant que le diamètre d'un rayon auroral est 10 mètres quand $c = 5{,}2$ millions de km. :

Dimensions théoriques de la draperie considérée.

ε	Epaisseur.	Longueur.
1″	15 mètres.	20 kilomètres.
10″	26 »	65 »
1′	46 »	160 »
3′	72 »	275 »

Nous allons voir qu'il est même possible d'expliquer le phénomène si remarquable *de plusieurs draperies situées l'une derrière l'autre.*

En effet, nous avons vu auparavant que, pour chaque position du centre d'émanation, on aurait en général toute une série d'émanations distinguées D_γ distinctes, chaque direction étant caractérisée par une valeur spéciale de γ. En représentant comme tout à l'heure la variation de ψ_γ en fonction de Φ_γ par une courbe, on aura plusieurs courbes pareilles avec des maxima et des minima successifs. Cela résulte en effet de l'existence des plis des courbes intégrales du système (VII), au voisinage des courbes périodiques indiquées au § 14.

Il peut alors fort bien arriver que *la surface d'émanation envoie des corpuscules dans plusieurs des directions D_γ correspondant à la formation des draperies.* Pour chaque valeur spéciale de γ on aura donc une pareille draperie, et si elles se trouvent aux environs d'un

même méridien MA_0 (voir figure 15), elles apparaîtront situées *l'une derrière l'autre.*

A mesure que la situation relative du soleil change avec le temps, *certaines de ces draperies parallèles peuvent disparaître brusquement et d'autres apparaître.*

On aura aussi des draperies parallèles si la surface d'émanation envoie plusieurs sortes de corpuscules pour lesquels le produit $H_0\rho_0$ ait une série de valeurs distinctes. Cette hypothèse explique peut-être mieux que l'autre comment les bandes parallèles peuvent apparaître aux environs du même méridien.

Disons enfin quelques mots sur *l'action magnétique d'un rideau ou draperie d'aurore.* En se rappelant que les rayons cathodiques décrivent des spires analogues à celle de la figure 13 et que les rayons cathodiques consistent en corpuscules *négatifs*, il apparaît comme probable qu'un rayon auroral aura la même action magnétique qu'un solénoïde de même axe que le rayon auroral. Comme le sens de rotation des corpuscules autour de l'axe sera inverse de celui des aiguilles d'une montre, pour un observateur placé sur l'hémisphère nord de la terre et regardant le long de l'axe du rayon, l'action magnétique sera la même que si l'on remplaçait le rayon auroral par un aimant avec son pôle sud tourné vers le sol.

Si le rayon auroral est constitué par des corpuscules chargés positivement, le sens de rotation sera inverse, donc l'action magnétique sera la même que celle d'un rayon auroral formé de corpuscules négatifs.

Donc, si l'on a toute une draperie d'aurore formée de rayons auroraux juxtaposés, son action magnétique

sera la même que celle d'une série d'aimants juxtaposés ayant tous leur pôle sud tourné vers le sol.

Si une pareille draperie passe le zénith, on observera alors une perturbation magnétique dont il est facile de se rendre compte ; on trouve aisément qu'au moment où la draperie passe par le zénith, l'action sur la déclinaison change de signe et l'action sur l'intensité verticale atteint son maximum.

Nous ne voulons pas approfondir davantage l'étude des phénomènes particuliers d'aurore boréale : en effet, cette étude sera reprise au moment où seront achevés les calculs des trajectoires aux environs de la terre, calculs où l'on applique la vraie formule du magnétisme terrestre, au lieu de l'approximation où son action est remplacée par celle d'un aimant élémentaire.

20. *Les expériences de M. Villard. Critique de sa théorie de l'aurore boréale.*

Dans mon mémoire publié en 1904, j'avais déjà appelé l'attention sur les remarquables espaces *fermés*, dont les trajectoires correspondantes ne pourront sortir. C'étaient les régions fermées des espaces Q_γ pour γ négatif et plus grand que 1 en valeur absolue.

On verra [1] un pareil espace sur la figure correspondant à $\gamma = -1{,}016$ sur la planche I.

J'étais donc bien fixé sur toutes les propriétés essentielles des trajectoires situées dans ces espaces bien avant que M. Villard ne publiât ses remarquables expé-

[1] Dans mon mémoire de 1904 on trouve des figures de pareils espaces correspondant à $\gamma = -1{,}5$; $\gamma = -1{,}2$ et $\gamma = -1{,}016$.

riences [1], qui ont vérifié de tous points les prévisions théoriques.

Les expériences de M. Villard appartiennent toutes au cas, où les trajectoires sont enfermées dans la partie fermée de la région $Q\gamma$; la constante γ est donc négative et plus grande que 1 en valeur absolue.

M. Villard à ensuite appliqué ses expériences à la théorie de l'aurore boréale ; cependant il est tellement possédé de l'idée fausse que les trajectoires observées dans ses expériences sont les seules formes qui peuvent exister, qu'il a commis dans ses déductions des fautes assez graves.

Même en faisant abstraction de ces fautes, il me semble très difficile d'expliquer les aurores et surtout les draperies de la manière proposée par M. Villard.

Avant de faire la discussion de la théorie aurorale de M. Villard, nous allons voir comment notre théorie explique complètement ses expériences. Il faut d'abord dire quelques mots de celles-ci.

Dans ces expériences, le champ magnétique est dû à un électroaimant de Ruhmkorff, c'est-à-dire approximativement, de deux pôles égaux et de signe contraire. Ce cas admet un traitement [2] analogue à celui d'un aimant élémentaire ; cependant la différence entre les deux cas n'est pas essentielle, et il suffit de considérer le cas le plus simple c'est-à-dire celui d'un aimant élémentaire.

A l'aide des cathodes spéciales, M. Villard a réussi

[1] Voir les *Comptes rendus de l'Ac. des Sc.*, 11 juin et 9 juillet 1906, et *le Radium*, avril 1906 et janvier 1907.

[2] Voir mon mémoire anglais dans *l'Archiv for Math.* cité au commencement.

à suivre les trajectoires en détail : il y en a de deux sortes : Les unes situées dans le plan équatorial magnétique (voir la fig. 18) et les autres étant des courbes



fig. 18.

dans l'espace se rapprochant alternativement des pôles en spires, toutes les spires étant enfermées dans un espace de révolution autour de l'axe magnétique[1] (voir fig. 19 et 20).

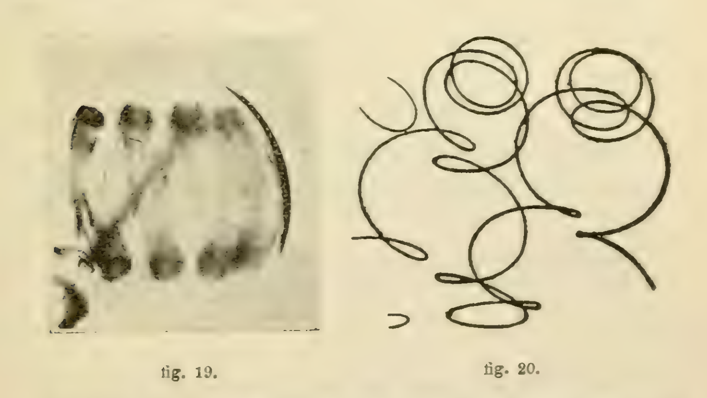


fig. 19. fig. 20.

Voyons quelles seront les formes des trajectoires théoriques correspondantes. Considérons d'abord les trajectoires situées dans le *plan magnétique équatorial.*

[1] Les figures reproduites sont d'après celles de M. Villard.

En supposant d'abord $c = 1$, le système (VII) se réduit alors à la seule équation :

$$\left(\frac{dR}{ds}\right)^2 = 1 - \left[\frac{2\gamma}{R} + \frac{1}{R^2}\right]^2$$

Introduisons l'angle φ ; on a $dR^2 + R^2 d\varphi^2 = ds^2$; l'équation prend alors la forme :

$$(2\gamma R + 1)^2 \, dR^2 = R^2 \left[R^4 - (2\gamma R + 1)^2\right] d\varphi^2$$

d'où

$$d\varphi = \frac{2\gamma R + 1}{R} \frac{dR}{\sqrt{R^4 - (2\gamma R + 1)^2}}$$

L'intégration peut donc être effectuée par les fonctions elliptiques, fait déjà remarqué par *M. Weyr*, qui à rencontré ces courbes dans un problème de l'électromagnétisme [1].

Ces courbes ont la propriété remarquable que *leur rayon de courbure est proportionnel au cube du rayon vecteur* [2].

Quant à l'introduction des fonctions élliptiques, nous ne voulons pas entrer dans des détails ; il suffit de renvoyer à des traités élémentaires des fonctions elliptiques [3].

Introduisons les fonctions elliptiques

snu, cnu et *dnu*

[1] Voir : *Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag*, Jahrgang 1869. Janvier-juillet, p. 59.

[2] Une discussion des courbes se trouve aussi dans le *Recueil complémentaire d'exercices sur le calcul infinitésimal* par F. Tisserand, p. 321. Cependant la figure 56 n'est pas correcte.

[3] Voir p. ex. : P. Appel et E. Lacour : *Principes de la théorie des fonctions elliptiques et applications,* chapitre VII, n° 151. (Paris 1897).

de manière qu'on aura, en posant $snu = \xi$

$$u = \int_0^\xi \frac{d\xi}{\sqrt{(1-\xi^2)(1-\lambda^2\xi^2)}}$$

et

$$cnu = \sqrt{1-\xi^2}, \qquad dnu = \sqrt{1-\lambda^2\xi^2}$$

où λ est le module.

Celà posé, on aura dans le cas général (c'est-à-dire quand c n'est pas restreint à être $= 1$) les résultats sui-vants :

Premier cas :

$$\underline{\gamma < -1}$$

Posons $\gamma = -\gamma_1$; alors on aura pour la trajectoire située dans la partie fermée de l'espace $Q_{\gamma,c}$ les équations suivantes[1] :

$$R = \frac{c}{\gamma_1 + \sqrt{1+\gamma^2{}_1}\, dnu}$$

$$\varphi - \varphi_0 = arc\,(sin = snu) - \frac{\gamma_1}{\sqrt{1+{}_1\lambda^2}}\, u$$

où le paramètre u variera entre $-\infty$ et $+\infty$, et où φ est compté comme arc de cercle de rayon 1, φ_0 est une constante et le module λ est défini par l'équation

$$\lambda = \sqrt{\frac{2}{1+\gamma_1{}^2}}$$

La courbe est composée de parties identiques et sera comprise entre les deux cercles formant l'intersection

[1] On en déduit, que les coordonnées cartésiennes x et y sont des fonctions *uniformes* et *méromorphes* de u.

entre les frontières de $Q_{\gamma,c}$ et le plan magnétique équatorial. On obtient une de ces parties en faisant croitre u de o à 2 K où :

$$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta}}$$

L'augmentation correspondante de l'angle φ sera

$$\pi - \frac{2\gamma_1}{\sqrt{1 + \gamma_1^2}} K$$

Il tend vers zéro si γ_1 décroit vers l'infini, et décroît vers l'infini négatif, si γ_1 tend vers 1 ; chaque fois que ce nombre est commensurable avec π, la courbe sera périodique.

La figure 21 représente une pareille trajectoire périodique correspondant à $\gamma_1 = 1{,}2032$; comme on le voit la ressemblance avec la courbe expérimentale de M. Villard est très grande ; si γ_1 était plus grand cette ressemblance serait encore plus frappante.

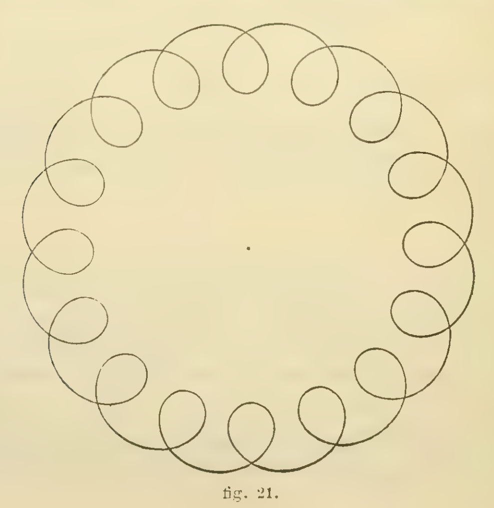


fig. 21.

Pour la trajectoire située dans la partie extérieure de l'espace $Q_{\gamma, c}$, trajectoire ayant des branches infinies, on a, en employant les mêmes notations :

$$R = \frac{c}{\gamma_1 - \sqrt{1 + \gamma_1^2}\, dnu}$$

$$\varphi - \varphi_0 = - arc\,(sin = snu) - \frac{\gamma_1}{\sqrt{1 + \gamma_1^2}} u$$

où il faut faire varier u de u_0 à $2\,K - u_0$, où

$$u_0 = \int_0^{\frac{\pi}{4}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta}}$$

Alors R décroît de ∞ à un minimum $c\,(\gamma_1 + \sqrt{\gamma_1^2 - 1})$ pour croître ensuite vers ∞. L'augmentation total de l'angle φ sera

$$-\frac{\pi}{2} - \frac{2\,\gamma_1}{\sqrt{1 + \gamma_1^2}}\,(K - u_0)$$

Donc, si γ_1 croît vers l'infini, l'angle entre les asymptotes tendra vers $-\pi$ et si γ_1 tend vers 1, cet angle décroît vers l'infini négatif. On verra des formes caractéristiques de ces trajectoires sur la figure 22, premier faisceau [1].

Vient ensuite le cas :

$$\underline{\gamma = -1}$$

Alors l'intégration peut se faire avec des fonctions élé-

[1] Les trajectoires de la figure 22 ont été calculées par un de mes assistants, M. K. Lows, au commencement de l'année 1905. Le point de départ des trajectoires est indiqué par une étoile. Sa distance de l'origine est 28,84.. fois le rayon du petit cercle, correspondant à la distance du soleil à la terre, comparée avec les dimensions des trajectoires des rayons cathodiques où $H_0 \varrho_0 = 315$. (Voir les §§ précédents.)

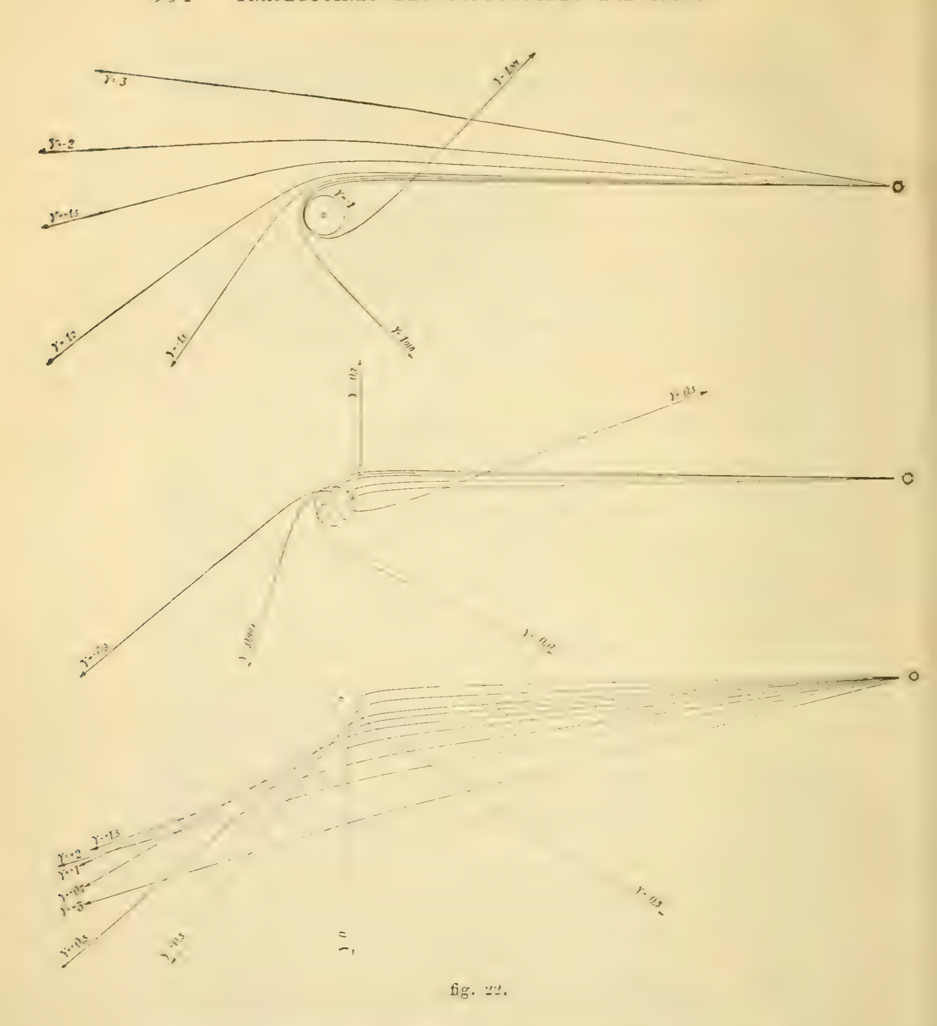


fig. 22.

mentaires. On aura des trajectoires s'approchant asymptotiquement un cercle de rayon c, ayant son centre à l'origine ; ce cercle est une trajectoire singulière.

Les équations des trajectoires seront obtenues simple-

ment par la remarque que pour $\gamma_1 = 1$, λ sera $= 1$ et que les fonctions elliptiques se réduisent[1] a

$$snu = \frac{e^u - e^{-u}}{e^u + e^{-u}}, \quad cnu = dnu = \frac{2}{e^u + e^{-u}}$$

Il faut donc substituer ces expressions dans les formules pour R et φ pour les trajectoires considérées plus haut ; on aura donc une trajectoire située entre les cercles de rayons $c\,(\sqrt{2} - 1)$ et c, se rapprochant asymptotiquement de ce dernier et une autre trajectoire ayant une branche infinie et se rapprochant asymptotiquement du même cercle. Cette dernière trajectoire peut être vue sur la figure 22. Enfin on aura une troisième qui est symétrique à celle-ci par rapport à une ligne droite par l'origine et qui correspondra à un mouvement dans le sens opposé.

Ensuite vient le cas $-1 < \gamma < 0$.

Dans ce cas on aura, en posant $\gamma = -\gamma_1$:

$$R = \frac{c}{\gamma_1 - \sqrt{1 + \gamma_1^2\, cnu}},$$

$$\varphi - \varphi_0 = -\ \text{arc}\ (\sin = \lambda\ snu) - \frac{\gamma_1}{\sqrt{2}}\, u$$

où le module λ est défini par l'équation

$$\lambda = \sqrt{\frac{1 + \gamma_1^2}{2}}$$

et où il faut faire varier u entre u_0 et $4\,K - u_0$, où

$$u_0 = \int_0^{\theta_0} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta}}, \quad K = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta}}$$

[1] Voir Appell et Lacour, l. c., p. 137.

θ_0 étant un angle compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ et tel que

$sin\ \theta_0 = \frac{1}{\sqrt{1+\gamma_1^2}}$.

Alors R décroît de ∞ à $c\left(\sqrt{1+\gamma_1^2} - \gamma_1\right)$ pour croître ensuite vers l'infini ; l'augmentation totale de φ sera

$$\frac{\pi}{2} - \gamma_1 \sqrt{2}\,(2K - u_0)$$

On voit une série de pareilles trajectoires sur la figure 22, deuxième faisceau.

Vient ensuite le cas $\underline{\gamma = 0}$.

On aura ici *une hyperbole équilatère ;* en effet des équations

$$R = -\frac{c}{cnu}, \quad \varphi - \varphi_0 = -\ arc\ (sin = \frac{1}{\sqrt{2}}\ snu)$$

où u varie entre K et 3K, on tire :

$$R = \frac{c}{\sqrt{cos\ 2\,(\varphi - \varphi_0)}}$$

Considérons ensuite le cas $\underline{0 < \gamma \leqq 1}$.

Dans ce cas on aura les mêmes formules que pour $0 < \gamma_1 < 1$ sauf que l'expression de R change de signe et que γ_1 sera partout remplacé par γ. Le paramètre u variera de u_0 à $-u_0$. Alors R décroît de ∞ à $c\,(\sqrt{1+\gamma^2} + \gamma)$ pour croître ensuite vers ∞ et l'accroissement total de φ sera

$$\frac{\pi}{2} + \gamma \sqrt{2}\ u_0$$

Pour le cas $\gamma = 1$ on aura aussi un cas de réduction,

cependant la trajectoire correspondante n'offre pas d'intérêt particulier, aussi passerons nous au dernier cas :

$\gamma > 1$

Alors on aura les mêmes formules que pour la trajectoire extérieure quand $\gamma_1 > 1$, sauf que l'expression de R change de signe et que γ_1 est partout remplacé par γ. Enfin il faut faire varier u de u_0 à $-u_0$. Alors R décroît de ∞ à $c\,(\sqrt{1+\gamma^2}+\gamma)$ et croît ensuite vers ∞ ; l'accroissement total de φ sera

$$\frac{\pi}{2} + \frac{2\,\gamma}{\sqrt{1+\gamma^2}}\,u_0$$

On voit une série de courbes correspondant à γ positif sur la figure 22, troisième faisceau.

La discussion des courbes dans le plan magnétique équatorial est donc achevée.

Les seules que *M. Villard* ait observées sont celles situées dans *la région fermée de l'espace $Q_{\gamma,c}$* pour $\gamma < -1$. Il doute qu'il en existe d'autres et croit même que celles situées dans la région extérieure de ce même espace sont des « solutions étrangères » qui n'auront pas d'existence physique[1]. Il lui restera à faire les expériences manquantes pour être convaincu de leur existence. Il suffit alors, d'un point dont la distance à l'origine est plus grand que $\sqrt{\frac{M}{H_0\rho_0}}$ de lan-

[1] Voir *C. R. de l'Ac. des Sc.* du 22 octobre 1906. Dans cette même note, M. Villard a *bien mal compris* une de mes figures en croyant que le rayon de courbure change périodiquement son signe ; il n'en est rien : le rayon de courbure change seulement sa *direction* mais reste positif et différent de zéro et de l'infini.

cer un rayon cathodique p. ex. dans la direction de la courbe $\gamma = -2$. (figure 22).

Passons maintenant aux *trajectoires dans l'espace* et conformément à l'expérience de M. Villard, considérons celles situées à l'intérieur de la région fermée de l'espace $Q_{\gamma,c}$, γ étant < -1.

Supposons d'abord $c = 1$. Alors conformément aux résultats sur les lignes de niveau de la région q_γ et sur la forme des courbes intégrales du système (VII), la courbe intégrale dans la partie fermée en question aura en général une forme plus ou moins ondulatoire comme le montre la figure 23, représentant une telle

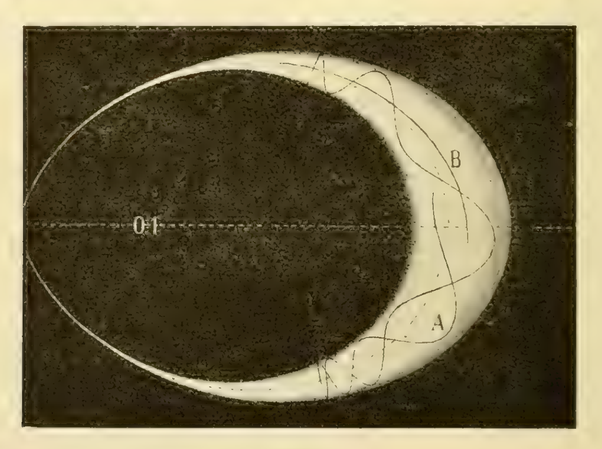


fig. 23.

courbe, calculée par intégration numérique et correspondant au cas $\gamma = -1,5$. La courbe s'approchera alternativement du pôle nord et du pôle sud de l'aimant élémentaire. Sur la figure on voit aussi une courbe exceptionnelle, à savoir une de celles qui passent par l'origine.

Parmi les courbes intégrales, il y a aussi *une infinité qui sont périodiques* ; en effet, en suivant par continuité toutes celles qui rencontrent orthogonalement l'axe des R on voit aisément, de la même manière que dans la discussion des courbes au voisinage de l'origine, qu'il existe une série de ces courbes ayant un point d'arrêt au-dessus de cet axe ; à cause de la symétrie, elle aura donc aussi un point d'arrêt au dessous de l'axe et le point p (Voir l'interprétation mécanique du système VII) parcourra périodiquement la courbe intégrale ; d'autres courbes périodiques seront obtenues en poursuivant par continuité toutes celles qui ont un point d'arrêt sur une des lignes $[\gamma, 1]$ ou $[\gamma, -1]$. On trouvera alors une infinité de courbes intégrales ayant encore un point d'arrêt sur une de ces lignes et qui seront par conséquent périodiques.

Sur la figure, la courbe intégrale ondulatoire possède un point d'arrêt sur la ligne $[\gamma, 1]$ à savoir le point

$$R_0 = 0{,}222474$$
$$Z_0 = 0{,}110881$$

Le calcul a été fait partout avec 6 décimales et avec un intervalle variant entre $^1/_{128}$ et $^1/_{512}$. On a calculé en tout 214 points de cette courbe[1].

A mesure que γ croît en valeur absolue, la région fermée de q_γ devient de plus en plus étroite. En même temps les courbes intégrales deviennent de plus en

[1] Le calcul a été entièrement fait par une de mes assistantes, Mlle G. Ruud. Pour marquer l'interprétation mécanique du système VII, les parties entre les lignes de niveau de la figure 23 deviennent de plus en plus sombres à mesure que la fonction Q décroît vers zéro.

plus étroites et se rétrécissent autour de la ligne de force magnétique $[\gamma, 0]$ située au milieu de la région.

Cela posé, passons aux trajectoires correspondantes dans l'espace. Sur la figure 24 on peut voir la trajectoire correspondant à la courbe ondulatoire de la figure 23. Elle a bien la forme qu'indique les expériences de M. Villard.

Si γ croît en valeur absolue, la partie fermée de l'espace Q_γ contenant la trajectoire se rapproche de

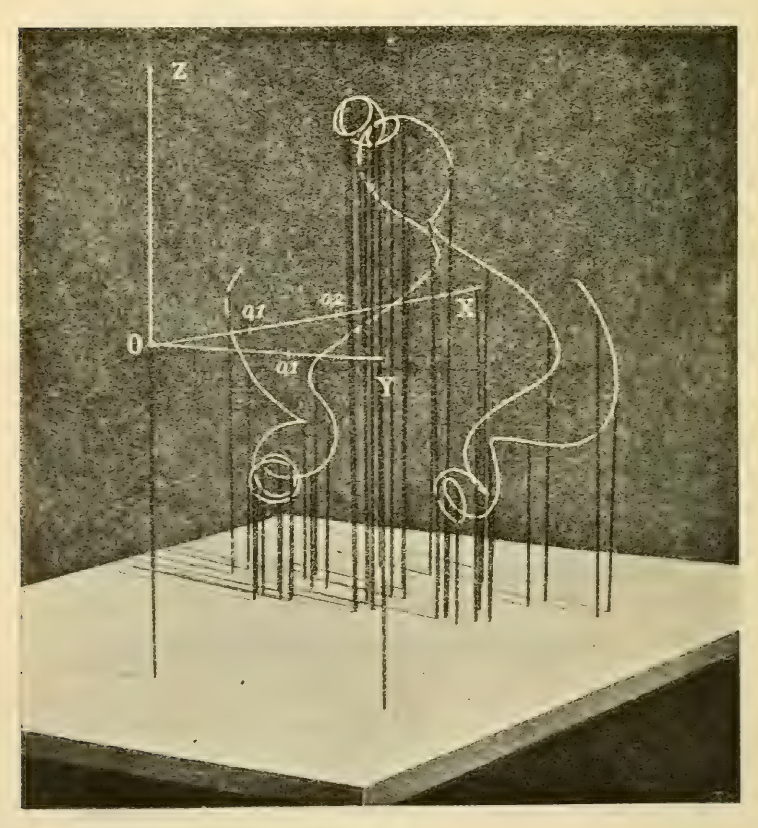


fig. 4

l'origine en même temps que les diverses spires de celle-ci se resserrent et deviennent plus étroites.

Pour avoir maintenant les trajectoires véritables, il faut agrandir les trajectoires pour le cas $c = 1$ dans le rapport $c : 1$ où

$$c = \sqrt{\frac{M}{H_0 \rho_0}}$$

On en tire que si la cathode est fixe et si l'on augmente le magnétisme, alors les spires de la courbe *deviennent de plus en plus étroites, en se resserrant en même temps*; en effet, c croît alors, c'est à dire que la distance de l'origine à la cathode diminue *relativement* à c.

Après avoir ainsi expliqué complètement les expériences de M. Villard, nous allons voir comme ses objections relatives à la théorie de M. Birkeland[1] sont mal fondées.

Dans les *Comptes Rendus* du 9 juillet 1906 il dit relativement à cette théorie :

« 1° Les rayons ne peuvent quitter le soleil si cet « astre possède un champ magnétique sensible. En « effet, ils formeraient autour de l'axe du champ une « nappe en zigzag et ne pourraient s'éloigner. »

« 2° En tenant compte de la rotation du soleil en « vingt-cinq jours et de la valeur du champ terrestre à « quelques millions de kilomètres de la terre, on voit « aisément qu'un faisceau cathodique tournant avec le

[1] Dans sa première note dans « le Radium », M. Villard appelle cette théorie : Théorie d'Arrhenius ; c'est probablement une faute de mémoire ; en effet, M. Birkeland en a la priorité.

« soleil ne produirait qu'une aurore de durée très « courte. »

« 3° La nappe en zigzag constituant l'aurore doit « contenir le lieu d'émission, c'est à dire le soleil. Elle « aurait au minimum 300 millions de kilomètres de « diamètre. Or, même à l'équateur, les rayons auroraux « ne sont qu'à quelques centaines de kilomètres du sol, « donc le lieu d'émission est nécessairement terrestre. »

A ceci il convient de remarquer :

1° Les rayons peuvent bien quitter le soleil, si cet astre possède un champ magnétique même considérable [1], en effet, nous avons vu que la forme de nappe n'est pas la seule qu'affectent des trajectoires et qu'il existe une infinité de trajectoires par l'origine. L'axe magnétique lui-même est une pareille trajectoire [2] et les autres auront leurs points d'émanation à l'intérieur de deux zônes autour des points d'intersection de l'axe magnétique et de la surface du soleil ; pour les détails nous renvoyons aux paragraphes précédents.

Il y a aussi lieu de remarquer que l'existence d'un champ magnétique du soleil n'est pas encore sûr.

2° Si l'on admet l'origine solaire de l'aurore, cela n'entraine pas nécessairement que l'aurore comme ensemble doive durer un temps si court. En effet, cela dépend de l'étendue des surfaces d'émanation et comme nous l'avons expliqué déjà en détail dans les paragraphes précédents, les *directions d'émanation distinguées*

[1] Ici nous supposons pour plus de simplicité que le champ du soleil, s'il existe, peut être assimilé au champ d'un aimant élémentaire.

[2] Dans sa dernière note dans « Le Radium », M. VILLARD admet que cela est possible, sans cependant admettre l'existence des autres trajectoires par l'origine.

peuvent subsister longtemps en variant seulement en nombre et en direction.

3° M. Villard fait une faute grave quand il croit que la nappe en zigzag peut avoir une étendue si grande qu'elle atteigne le soleil ; en effet, les trajectoires formant une nappe en zigzag ne peuvent exister au delà d'une distance égale à $\sqrt{\frac{M}{H_0\rho_0}}$, c'est à dire 10 millions de kilomètres au plus, pour les rayons cathodiques les plus facilement diviables.

Les trajectoires s'étendant à la distance du soleil auront des formes pareilles à celles que nous avons calculés et qu'on voit sur les figures 9 et 10.

D'un autre côté, les aurores *tout à fait exceptionnelles* qui sont vues à l'équateur, ne peuvent pas être assimilées aux aurores ordinaires que l'on voit dans la ceinture de fréquence maximum. Tandis que ces aurores exceptionnelles sont peut être d'une origine terrestre il me semble peu probable qu'il en soit de même pour les aurores ordinaires, de la ceinture maximum.

Passons aux détails de la théorie de M. Villard.

Il suppose que la surface d'émanation terrestre est un cirrus et que les rayons cathodiques émanant de ce cirrus forment des spirales en zigzag s'approchant alternativement de la ceinture des aurores boréales et de la ceinture des aurores australes et donnent ainsi lieu à une bande ou draperie ; la superposition partielle de chaque fuseau à l'aller et au retour constituera alors un faisceau résultant dont la direction moyenne sera celle du champ. Cette superposition doublant l'intensité lumineuse, ce sera surtout près des arcs auroraux que le météore sera visible. On aura alors, d'après

M. Villard, les rayons auroraux disposées en éventail sur l'arc auroral, etc.

A ceci il convient de remarquer qu'il me semble très difficile d'admettre qu'un cirrus puisse être la surface d'émanation des aurores, parceque les rayons en question seraient trop vite absorbés dans l'air ; même en admettant qu'ils peuvent pénétrer jusqu'à l'espace cosmique pour rentrer dans l'atmosphère de l'autre hémisphère, il me semble qu'il sera impossible que cela puisse se répéter assez de fois pour expliquer les draperies étroites d'une longeur de plusieurs kilomètres. Pour ces draperies il me semble que mon explication est préférable.

La seule circonstance qui semble militer en faveur de l'hypothèse de M. Villard et contre l'hypothèse de M. Birkeland est celle dont nous avons déjà parlé dans les paragraphes précédents. Avec l'approximation adoptée ici, où le champ terrestre peut être assimilé au champ d'un aimant élémentaire, la ceinture des aurores aura une distance de l'axe magnétique de deux à six degrés (pour les rayons cathodiques et les rayons β du radium ; pour les rayons α on a 12-18 degrés), tandis que la ceinture maximum véritable est à 20 degrés de cet axe. Cependant, il y a lieu d'espérer que ce désaccord disparaîtra quand on tiendra compte du vrai champ du magnétisme terrestre ; comme je l'ai déjà dit je suis pour le moment occupé des calculs considérables qui sont nécessaires pour décider cette question fondamentale.

23 juin 1907.

QUATRE-VINGT-DIXIEME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

FRIBOURG

les 29, 30 et 31 juillet 1907.

La Société helvétique des sciences naturelles a tenu cette année sa 90me session à Fribourg où elle a trouvé l'accueil le plus chaleureux. Le Comité fribourgeois avait préparé un programme des plus attrayants que chacun a pu apprécier. A côté en effet des séances générales et des séances de section qui ont été riches en communications originales, les banquets, les réunions familières et la belle nature ont eu aussi leur part.

La 1re assemblée générale a été ouverte par un très intéressant discours de M. le Prof. Musy, président annuel, *sur les travaux de quelques naturalistes fribourgeois :* Bartolomeus Soverus (1577-1629), qui fut le second successeur de Galilée à l'Université de Padoue, où il a laissé de nombreux manuscrits ; Duchet (1752-1782), qui a découvert l'origine de la cire d'abeilles ; Dématraz, connu par sa monographie des rosiers du canton de Fribourg, 1818 ; F. Bourquenoud, auteur

d'une flore manuscrite de son canton, 1850 ; G.-S. Perrotet (1790-1870), botaniste et sériciculteur bien connu, un des auteurs d'une flore du Sénégal, mort directeur du Jardin botanique de Pondichéry ; M. Cottet, principal auteur du Guide du botaniste dans le canton de Fribourg, 1891 ; le chanoine Ch. Aloyse Fontaine (1754-1834), fondateur du Musée d'histoire naturelle de Fribourg, a donné une brève description géologique de son canton dans deux lettres écrites en 1808 et 1809 et qui eussent été, dit Morlot, une précieuse acquisition pour la science, si elles avaient été publiées à cette époque.

Après la liquidation de questions administratives statutaires, les assistants ont entendu une conférence sur *l'immigration post-glaciaire de la flore et de la faune en Suisse* où MM. Mühlberg (Aarau), J. Briquet (Genève) et Zschokke (Bâle) se sont tour à tour fait entendre. Ce fut ensuite M. le Prof. E. Chaix (Genève), qui entretint l'auditoire de *l'utilité d'un atlas international de l'érosion*, puis M. le Prof. Brunhes (Fribourg), qui traita la question *du surcreusement de l'érosion glaciaire*. Après un banquet qui eut lieu au restaurant des Charmettes, les congressistes étaient conviés à visiter l'usine électrique d'Hauterive et l'abbaye du même lieu. La course en voiture avec retour par Marly fut pleine de charme et d'intérêt. Le soir, les participants avaient le privilège d'être invités soit au clos Ruskin, chez M. le Prof. J. Brunhes, soit à la villa St-Barthélemy chez M. le comte v. Eggis. Tous ceux qui ont pu prendre part à cette soirée en ont conservé un excellent souvenir et gardent à leurs aimables amphytrions une vive reconnaissance.

La 2e journée officielle fut consacrée comme de coutume aux séances des sections, et à une visite à la grande brasserie du Cardinal.

La 3e journée comportait la célébration de la fête du centénaire de Louis Agassiz et c'est à Motier même, sa ville natale, qu'eut lieu la 2e assemblée générale. Le temple avait été mis obligeamment à la disposition de notre Société par M. le pasteur de Motier, et c'est là que les congressistes entendirent des conférences de M. de Tribolet (Neuchâtel) sur *Louis Agassiz et son séjour à Neuchâtel* (1832-1840) et de M. Studer (Berne), *sur l'importance de l'influence de L. Agassiz pour la zoologie*

Après un pélerinage à la maison même où naquit Agassiz, la séance continua par deux conférences fort intéressantes : l'une de M. Ch.-Ed. Guillaume (Paris), sur *les états de la matière* et l'autre de M. F. Sarasin (Bâle), sur *les formes humaines les plus inférieures du sud de l'Asie*.

Le bateau qui avait amené les congressistes à Motier les reconduisit à Morat où un banquet servi à l'hôtel Enge, clôtura ces journées trop vite passées.

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères au Comité annuel et tout spécialement à son président M. le prof. Musy.

La prochaine réunion aura lieu en 1908 à Glaris.

Nous allons maintenant rendre compte des travaux qui ont été présentés à la réunion de Fribourg.

Physique et Mathématiques.

Président : M. le prof. DE KOWALSKI (Fribourg).
Secrétaires : MM. le prof. GRUNER (Berne).
GARNIER, assistant (Fribourg).

A. Emch. Réalisation de courbes algébriques du 4me ordre par un système articulé. — C.-E. Guye et L. Zebrikoff. Arc électrique jaillissant entre métaux. — A. de Quervain. Sur la formation de l'alto-cumulus castellatus et sur son importance pour la prévision des orages.— Le même. Sur la formation des Cirrus d'été.— B. Brunhes et David. Etude d'un « puits qui souffle » au Puy de-Dôme. Variation annuelle du sens du courant d'air entre l'extérieur et l'intérieur. — — P. Weiss. Théorie du ferromagnétisme. — Le même. Cercle à calcul. — H. Baumhauer. De la double réfraction et de la dispersion chez les cyanures doubles de platine à éclat métallique, et particulièrement de cyanures de Ca, Ba et Na-K. — Aug. Hagenbach. Sur un dispositif à réseau concave. — Ch. Dhéré, Sur l'absorption des rayons ultra-violets par les substances albuminoïdes et leurs dérivés. — Ch.-Ed. Guillaume. Théorie des alliages magnétiques de M. Heussler. — Le même. Détermination du volume du kilogramme d'eau. — J. de Kowalski. Théorie de la luminescence. — A. Gockel. Sur l'émanation radioactive contenue dans l'atmosphère. — C. Beglinger. Réforme de la physique par la suppression de toutes les définitions scolastiques existant encore et par l'introduction de la notion de l'éther. — Ed. Sarasin et Tommasina. Dédoublement de la courbe de désactivation de la radioactivité induite. — Edouard Guillaume. Sur les phénomènes de Bose. —R. de Saussure. Théorème fondamental de la géométrie de l'espace « feuilleté »,

M. A. EMCH. *Réalisation de courbes algébriques du 4me ordre par un système articulé.*

Von Kempe a démontré l'intéressante proposition suivante : Toute courbe algébrique plane peut être tracée par un système articulé. M. le prof. G. Kœnigs, dans diverses recherches qu'il a exposées dans ses « Leçons de cinématique », a étendu ce théorème à

l'espace à 3 dimensions et a établi que toute surface ou courbe gauche algébrique, et plus généralement toute relation algébrique entre un nombre quelconque de points de l'espace peut être réalisée par un système articulé.

L'auteur a aussi démontré ce théorème pour un système variable quelconque de grandeurs complexes dans le plan et l'a publié dans les *Transactions*[1] *of the American Mathematical Society*, ainsi que la description de mécanismes articulés pour l'addition et la multiplication des quantités complexes dans le plan.

Jusqu'à maintenant, on n'a étudié isolément que des cas particuliers des systèmes articulés dans l'espace. Dans le travail dont il est question ici, l'auteur montre comment il est possible de décrire ponctuellement des surfaces de révolution du 4e degré représentées par l'équation :

$$\begin{aligned} 4\,(1-c)^2\,(1-c_1)^2\,(x^2+y^2)\,[a^2-b^2-(1-c)^2\,(1-c_1)^2z^2] &\\ = [(a^2-b^2)\,(1-c_1+2cc_1) - 2\,(1-c)^2\,(1-c_1)^2\,z^2]^2 &\\ + (3-4c-c_1+2cc_1)^2\,[b^2\,(a^2-b^2) - a^2(1-c)^2\,(1-c_1)^2z^2] & \end{aligned}$$

au moyen d'un système articulé dont les tiges représentent des génératrices d'un même paraboloïde hyperbolique à une nappe. En même temps, les représentations $x = f(u, v)$, $y = g\,(u, v)$, $z = h\,(u, v)$ du plan des uv peuvent être figurées et réalisées cinématiquement sur les surfaces que l'on vient de mentionner. Finalement l'auteur démontre qu'avec l'aide d'un dispositif particulier et d'un hyperboloïde de révolution articulé, on peut engendrer ponctuellement des ellip-

[1] Vol. 3, p. 493-498 (1902).

soïdes de révolution dont l'équation est de la forme :

$$\frac{x^2}{p^2 \frac{(1+k)^2 - 4kc^2}{4(1-k)^2(1-c^2)}} + \frac{y^2}{p^2 \frac{(1+k)^2 - 4kc^2}{4(1-k)^2(1-c^2)}} + \frac{z^2}{\frac{p^2}{(1-k)^2}} = 1$$

ainsi que toutes les courbes gauches du 4e degré de la première espèce qui se trouvent sur ces ellipsoïdes. Dans ce cas aussi une transformation ponctuelle du plan des *uv* sur l'ellipsoïde peut être effectuée cinématiquement. Lorsqu'un point du plan décrit une courbe d'ordre n. le point correspondant dans l'espace décrit une courbe gauche d'ordre $2n$.

Avec le même mécanisme, il est aussi possible d'engendrer des congruences de surfaces et de courbes gauches.

M. C. E. Guye et Mme L. Zebrikoff ont entrepris des recherches sur l'*arc électrique jaillissant entre métaux*. Ils ont trouvé que la puissance consommée dans un arc à courant continu, soit en fonction de l'intensité, soit en fonction de la longueur, pouvait être représentée par un système de droites tout à fait analogues à celles obtenues par Mme Ayrton pour l'arc entre charbon. Il en résulte que la différence de potentiel aux bornes de l'arc peut être donnée par une expression de la forme

$$e = a + bl + \frac{c + dl}{i}$$

dans laquelles l et i sont la longueur de l'arc et l'intensité du courant ; a, b, c, d, quatre constantes variables d'un métal à l'autre, toutes conditions égales, et dont M. C. E. Guye et Mme Zebrikoff ont déterminé les

valeurs pour le cuivre, l'or, l'argent, le palladium, le nickel, le fer, le cobalt, et le platine.

M. C. E. Guye donne également connaissance des principaux résultats obtenus en collaboration avec M. A. Bron sur l'arc alternatif de faible intensité. Les résultats détaillés de ces recherches seront publiés ultérieurement.

A. de Quervain (Zurich). *Sur la formation de l'altocumulus castellatus et sur son importance pour la prévision des orages.*

J'ai étudié une forme de nuages qui a son importance pour la prévision des orages et qui a été décrite d'abord par Cl. Ley comme « turretted Cloud » ou « Stratus castellatus », plus tard par Köppen et Vincent comme « altocumulus castellatus » et par moi-même comme altocumulus dynamique ; cette forme de nuage passait autrefois pour être assez rare.

Au cours de l'année 1906, j'ai observé cette forme de nuage flottant à 3500 ou 4000 m. d'altitude 20 fois à Zurich, la plupart du temps de bonne heure le matin ou vers le soir : 19 fois il survint un orage dans les 12 à 24 heures soit à l'endroit même, soit dans le voisinage (NE. de la Suisse). Le 13 octobre encore, l'apparition d'un A-Cu Castellatus permit de prédire avec succès un orage. Dans 14 cas sur 20, la carte synoptique présentait des dépressions secondaires, principalement à l'W. ou au N.-W. de la France.

Pour ce qui concerne la formation de l'altocumulus castellatus, la forme des proéminences qui s'élèvent sur la base du nuage font penser à une formation analogue à celle des cumulus, avec cette différence que vu

la hauteur et l'heure à laquelle ils se présentent, il soit impossible que la vapeur d'eau provienne directement du sol.

L'hypothèse que j'ai formulée savoir que ces formes de nuages indiquent la présence à de grandes hauteurs de couches à gradient adiabatique a été pleinement confirmée par deux ascensions avec appareils enregistreurs effectuées par les soins de l'institut central de météorologie à Zurich lors de la présence de nuages de la forme en question. Dans les deux cas, le 2 août et le 6 septembre 1906, il se trouvait au-dessus du sol une couche épaisse de 1000 à 1500 m. avec inversion de la température ou faible gradient; mais par dessus une couche de 2000 m. d'épaisseur environ, atteignant la hauteur des altocumulus, avec gradient presque adiabatique, ce qui est exceptionnel à ces altitudes, et dont l'humidité relative augmentait avec la hauteur, jusqu'à saturation.

La présence d'une couche semblable explique d'abord la formation de l'altocumulus. Mais en même temps cette couche doit faciliter beaucoup la formation de grands mouvements de convection verticaux, c'est-à-dire la formation des nuages d'orages et par conséquent des orages eux-mêmes. C'est ainsi que s'explique la signification prognostique de cette forme de nuages.

Pour expliquer la formation d'un gradient élevé, on peut utiliser le fait suivant constaté à l'aide de mon théodolite spécial : dans les deux cas la direction du vent entre le sol et la couche à gradient élevé était du sud-ouest, mais dans cette dernière couche, il tournait au nord-ouest ; par conséquent la convection horizontale entrait également en jeu.

A. de Quervain. *Sur la formation des Cirrus d'été.*

L'on trouve indiqué partout que l'on ne connait pour ainsi dire rien de certain sur la formation des Cirrus ; c'est ce qu'affirme également M. A. W. Clayden dans son ouvrage tout récent intitulé « Cloud studies ». J'aimerais démontrer dans ce qui suit comment se forment, d'après mes observations, une partie des cirrus, soit la plupart des cirrus d'été.

On sait que les gros cumulus peuvent monter jusqu'à 7000 ou 8000 mètres et plus. A cette hauteur, leur sommet s'élargit en général en une couche horizontale qui est formée sans aucun doute d'aiguilles de glace. Jusqu'à aujourd'hui l'on a établi une différence fondamentale entre cette couche de cirrus, composée d'aiguilles de glace, couronnant un nuage d'orage et les autres cirrus qui semblent n'avoir aucune relation avec les nuages d'orage. Mais d'après mes observations, la plupart des cirrus d'été ne sont pas autre chose que des restes de la partie cirrienne des nuages d'orage. La partie inférieure des nuages d'orage finit par se dissoudre et il ne reste que la nappe supérieure qui peut flotter encore pendant plusieurs jours et prendre presque toutes les formes qu'affectent les cirrus jusqu'aux stratifications les plus fines. Les cirrus nommés « cirrus denses » par Besson appartiennent aussi à ces formes de passage.

Souvent la partie supérieure d'un gros cumulus semble se transformer en nuage formé d'aiguilles de glace, tandis que les parties inférieures se dissolvent rapidement. Dans ce cas il ne se forme pas un nuage d'orage à proprement parler, mais il se forme ce que j'appelle un « *cumulo-nimbus raté* ». La présence des

cirrus denses prouve donc dans bien des cas, mais pas dans tous, qu'il y a eu un orage dans la contrée d'où viennent ces nuages.

MM. B. Brunhes et David. — *Etude d'un « puits qui souffle » au Puy de Dôme. Variation annuelle du sens du courant d'air entre l'extérieur et l'intérieur.*

MM. Brunhes et David ont institué depuis deux ans, des observations régulières de température à l'entrée d'une grotte située au voisinage du sommet du Puy de Dôme. Après avoir reconnu l'existence d'une excavation, on l'a déblayée jusqu'à une profondeur de 5 à 6 mètres, de telle sorte qu'un homme puisse y observer, non sans peine. A 5 mètres environ au-dessous de l'entrée, on a placé un thermomètre enregistreur qui est relevé chaque semaine. Le résultat général est le suivant : il n'y a aucune variation diurne de la température en hiver, il y a au contraire une variation diurne très nette en été. En hiver, le thermomètre enregistreur trace une ligne rigoureusement horizontale, marquant une température de 4°1 ou 4°2. Il est arrivé en 1907 qu'on eût — 16° à l'extérieur, alors que dans la grotte on avait, tout près de l'entrée + 4°. A ce moment la neige couvrait tout le sol, à l'exception d'une étroite bordure tout autour de l'entrée de la grotte.

La courbe du thermomètre a commencé à présenter une légère variation diurne en 1907, dans les journées des 28, 29, 30 et 31 mars et du 1er avril. Pendant toute cette période, la température de l'air extérieur est au-dessus de zéro, elle oscille entre 0°5 et 8°9. La courbe reste de nouveau droite jusq'au 23 avril ; les 24 et 25 avril, la variation diurne devient très-sensible ;

elle est de 6° le 25 et de 4°1 le 26 avril. Du 5 au 8 mai, encore une période sans variation diurne ; puis le 9 mai, la variation s'établit de nouveau jusqu'au 14. Du 15 au 20 mai, plus de variation : la température moyenne extérieure sous abri pour les journées du 15 au 20 mai a été : 4.50, 3.75, 1.70, 3.10, 2.65, 0.35. Enfin en juin et surtout en juillet, la variation diurne du thermomètre intérieur devient considérable.

Le point important qui a d'abord frappé notre attention est l'indépendance de la température de la grotte par rapport à la pression extérieure. En janvier la pression a varié entre 627,6 le 30 et 649,4 le 18 sans que le thermomètre de la grotte ait bougé. De même en février où la pression a passé de 619,9 à 645,6. On n'est donc pas ici en présence d'une cavité dont le courant d'air soit réglé par la pression extérieure. Le sens du courant d'air paraît dépendre uniquement de la température extérieure : il ne serait pas surprenant que l'entrée, mal déblayée encore, fût l'orifice d'une cavité considérable située dans la montagne, et communiquant avec l'extérieur par des orifices inférieurs. Il y a là un « puits qui souffle » d'une espèce particulière et qui « tire » à la façon d'une cheminée.

Quelques mesures préliminaires de radioactivité ont donné une contre épreuve intéressante : la radioactivité à l'orifice supérieur est naturellement plus grande quand la température est constante, c'est-à-dire quand l'air souffle de dedans en dehors, parce que c'est alors de l'air de caverne qui vient sur l'appareil, que quand c'est de l'air extérieur qui entre à l'intérieur, c'est à dire quand on observe une variation diurne.

M. Pierre Weiss, prof. à l'Ecole polytechnique de Zurich, montre que l'on peut construire une *théorie du ferromagnétisme* fondée sur les propriétés cinétiques de la matière en utilisant d'une part la théorie cinétique du paramagnétisme de M. Langevin et de l'autre les données expérimentales fournies par l'étude des cristaux magnétiques. L'hypothèse fondamentale de cette théorie consiste à admettre que les actions mutuelles entre les aimants élémentaires qui constituent un corps ferromagnétique peuvent s'exprimer en écrivant que l'un quelconque de ces aimants est placé dans un champ magnétique proportionnel à l'intensité d'aimantation et dirigé comme elle.

Cette hypothèse permet de déduire de la formule de Langevin la loi de variation de l'intensité d'aimantation à saturation en fonction de la température. Cette loi dont on trouve ainsi pour la première fois une déduction théorique est vérifiée quant à sa physionomie générale par les expériences anciennes du Curie et de quelques autres physiciens. Pour en obtenir une vérification précise il était nécessaire d'opérer dans des champs très intenses dans lesquels la saturation est atteinte à coup sûr. C'est ce qu'a fait M. Weiss avec un électro-aimant de grande puissance : il a trouvé pour la magnétite, dont la température de disparition du ferromagnétisme, égale à 585°, est aisément accessible, une concordance exacte de l'expérience et de la théorie.

En admettant un cœfficient de proportionnalité différent entre la composante de l'intensité d'aimantation et celle du champ moléculaire pour trois axes rectangulaires on reproduit, sans nouvelle hypothèse, les remarquables propriétés des cristaux ferromagnétiques

et notamment de la pyrrhotine. Puis, en considérant les métaux usuels comme formés de cristaux orientés en tous sens et leur donnant une fausse apparence d'isotropie, on peut déduire d'un cristal élémentaire de fer, auquel on attribue des constantes magnétiques convenablement choisies, les propriétés expérimentales bien connues. Une figure représentant les cycles d'hystérèse ainsi calculés a priori posssède une très grande ressemblance avec les courbes empruntées au mémoire classique d'Ewing.

Mais la notion de champ magnétique moléculaire a une portée encore plus étendue. Elle permet d'analyser la signification des différentes parties de la courbe représentant les propriétés magnétisme au delà de la température de perte du ferromagnétisme qui ont été décelées par les recherches de Pierre Curie. Cette étude se traduit par une déduction d'une constante caractéristique, appelée constante de Curie, de l'aimantation de chacun des états α, β, γ, δ du fer. Ces diverses déterminations concordent, à condition de faire des hypothèses simples sur la constitution moléculaire des différents fers. Le magnétisme est donc un nouveau moyen d'investigation de la structure intime des molécules.

M. Weiss présente en outre un *cercle à calculs* répondant aux besoins des physiciens.

Prof. H. Baumhauer (Fribourg). *De la double réfraction et de la dispersion chez les cyanures doubles de platine à éclat métallique, en particulier de cyanures de Ca, Ba et Na-K.*

L'auteur a déterminé la marche des indices de réfraction de ces substances, avec des prismes formé par des faces naturelles des cristaux en question; il a trouvé que les indices des radiations les plus déviées au contraire de celles qui le sont le moins croissent extrêmement rapidement lorsqu'on s'approche de la partie bleue et violette du spectre dont l'absorption est élective, ce qui montre que la dispersion est anormale.

Pour les sels du Ca et Ba, l'angle des axes optiques diminue en même temps très rapidement; pour le sel de Na-K cet angle est toujours très petit. Il fut possible de démontrer, pour le sel du Ca, par la photographie la présence d'une bande d'absorption bien déterminée. Comme source de lumière, l'auteur a employé surtout des tubes à hélium et à hydrogène. Cette communication, qui paraîtra in extenso dans le *Journal de Groth*, a été suivie de quelques considérations présentées par M. Baumhauer sur la marche des indices de réfraction chez les minéraux très fortement colorés, en particulier chez le réalgar.

Aug. HAGENBACH (Bâle). *Sur un dispositif à réseau concave.*

Un réseau concave de Rowland (environ 1 m. de foyer) a été disposé de telle sorte que l'on montre sur une plaque de marbre poli le réseau et la chambre noire dans une position fixe, tandis que la fente est mobile sur un cercle dont le rayon est égal au foyer du réseau. Pour rendre cette disposition possible, la fente est placée sur une petite table qui est fixée solidement à l'axe de révolution au moyen d'une règle de fer de telle sorte qu'elle peut toujours être dirigée dans la direction

du réseau. L'axe est formé d'un cône d'acier poli avec le plus grand soin.

Les vis de réglage nécessaires sont toutes pourvues de divisions de telle sorte qu'il n'y a qu'à photographier une fois pour toutes les positions et le réglage de la fente pour pouvoir prendre un cliché n'importe quand et dans n'importe quelle position que l'on désire.

L'auteur se servit pour illustrer sa communication d'une photographie de ce dispositif, et il présente pour démontrer la valeur du réseau et du montage quelques clichés de spectres (spectre d'étincelles du tantale).

Il présente enfin des épreuves du spectre continu et de l'arc du fer faites avec les nouvelles plaques autochromes Lumière.

M. Ch. Dhéré (Fribourg). *Sur l'absorption des rayons ultra-violets par les substances albuminoïdes et leurs dérivés.*

L'auteur donne, en commençant, quelques indications sur la technique employée pour photographier les spectres d'absorption. Il présente et décrit : 1° une cuve tubulaire en verre, à piston rodé, avec obturateurs en quartz à faces parallèles, permettant d'interposer les solutions en couche d'épaisseur variable et exactement déterminée au moyen d'un mécanisme de mesure spécial ; 2° des électrodes, constituées chacune par une tige de fer entourée d'un manchon d'alliage d'Eder, fournissant un spectre allant jusqu'à λ 206,1, et dont les lignes très rapprochées jusqu'à λ 231,4 sont à peu près uniformément lumineuses, sauf les renforcements dus à quelques raies très éclatantes de l'alliage d'Eder qui servent de repères.

M. Dhéré a repris l'étude de la bande d'absorption qui caractérise d'après Soret (1883) le spectre ultra-violet des substances albuminoïdes. Il montre que les solutions des substances albuminoïdes les plus pures que l'on puisse préparer par les procédés perfectionnés actuels (ovalbumine, sérumalbumine, édestine cristallisées, globine de l'oxyhémoglobine cristallisée, etc.) absorbent, sous une épaisseur convenable pour une concentration donnée, les radiations comprises entre les raies λ 292,6 et λ 262,8 (ou λ 261,3). Une bande analogue est offerte par les produits de l'hydrolyse digestive jusqu'à l'amphopeptone inclusivement. L'antipeptone ne présente plus un spectre à bandes.

Quels sont les groupements renfermés dans la molécule albuminoïde qui peuvent lui conférer ces propriétés d'absorption élective? L'examen des caractères spectraux des dérivés des substances albuminoïdes conduit à répartir ces dérivés en deux groupes. Certains absorbent simplement, avec seulement une intensité différente, la plage terminale ultra-violette; ce sont : le glycocolle, l'alanine, la sérine, la valine, la leucine, les acides aspartique et glutamique, la lysine, l'arginine, l'histidine, la proline, la glycosamine, la cystine. D'autres dérivés présentent un spectre à bande ; ce sont : la phénylalanine, la tyrosine, l'indol et le scatol. Sous l'influence de l'alcalinisation (par la soude), la plupart de ces spectres d'absorption sont plus ou moins modifiés.

Une étude comparative permet de conclure que la bande d'absorption des substances albuminoïdes est essentiellement due aux noyaux tyrosinique et scatolique (tryptophanique) que renferme la molécule albuminoïde, le noyau de tyrosine jouant le rôle principal.

M. Ch.-Ed. Guillaume (Sèvres). — *Théorie des alliages magnétiques de M. Heusler.*

M. Heusler a découvert, par hasard, l'état ferromagnétique de certains alliages Mn-Al-Cu, ou Mn-Sn-Cu, dont les propriétés ont été étudiées en détail notamment par M. Stark et M. Haupt. Il a été démontré que le ferromagnétisme de ces séries d'alliages est possédé par les combinaisons définies Mn Al et Mn^3Sn, alors que le cuivre joue simplement le rôle d'un dissolvant, donnant à ces alliages leur malléabilité.

La cause de l'apparition du magnétisme dans les combinaisons précitées a paru assez mystérieuse ; elle semble néanmoins pouvoir être mise en relation avec quelques propriétés bien connues des alliages.

En général, les alliages binaires possèdent une température de fusion inférieure à celle qu'indiquerait la loi des mélanges. Cependant des exceptions ont été trouvées déjà pour des combinaisons définies, notamment dans les séries Al-Au, Al-Sb, Sn-Na.

Cette dernière, étudiée par M. Mathewson, présente une température de fusion maxima de 576°, alors que les températures de fusion des composants sont respectivement de 97°,5 et 232°.

La fusion n'étant autre chose qu'une transformation allotropique, on peut en conclure que l'aluminium et l'étain sont particulièrement aptes à former des combinaisons à température de transformation relevée.

D'autre part, le manganèse est un métal du groupe magnétique, et Faraday a déjà émis l'hypothèse que l'absence des propriétés magnétiques du manganèse et du chrome tient seulement à la position très basse de leur température de transformation.

Les combinaisons du manganèse avec l'aluminium et l'étain devraient ainsi leurs propriétés magnétiques au relèvement, produit par l'un de ces derniers métaux, de la température de transformation du premier.

On devrait s'attendre à voir apparaître également les propriétés magnétiques des alliages du chrôme avec les métaux produisant un relèvement des températures de transformation.

L'exagération des propriétés magnétiques du fer, par de faibles additions d'aluminium, que l'on a tenté d'expliquer par un grossissement des cristaux de fer, pourrait avoir aussi pour cause le fait que ces additions relèvent la température de transformation et placent le fer, à la température ordinaire, plus loin de cette transformation.

M. Ch.-Ed. Guillaume (Sèvres). — *Détermination du volume du kilogramme d'eau.*

Le volume de l'unité de masse d'eau a été déterminé dans la plupart des systèmes de mesures ; il est exprimé par un nombre quelconque dans tous ceux dans lesquels l'unité de longueur et l'unité de masse ont été choisies arbitrairement, tandis que, dans le système métrique, où l'unité de masse a été réalisée de manière à s'approcher autant que possible de la masse du décimètre cube d'eau, ce volume ne diffère à l'unité que de l'erreur commise dans la construction du kilogramme.

La détermination du volume cherché a été entreprise au Bureau International des Poids et Mesures simultanément par M. P. Chappuis et par l'auteur. Un troisième détermination, entreprise par M. Macé de Lépi-

nay avec le concours de M. J.-R. Benoît, a été achevée avec la coopération de M. H. Buisson. La comparaison des trois résultats est particulièrement intéressante en raison du fait que, dans les recherches de M. Guillaume, les gravimètres étaient des cylindres de bronze, dont on mesurait les dimensions par un procédé de contact mécanique, alors que dans les deux autres, les corps étaient des cubes de verre ou de quartz, mesurés par des procédés interférentiels, et dont les épaisseurs étaient exprimées en longueurs d'onde lumineuses.

M. Guillaume a opéré au moyen de trois cylindres de $100^{mm} \times 100^{mm}$, $115^{mm} \times 120^{mm}$ et $130^{mm} \times 140^{mm}$, dont il a mesuré un très grand nombre de diamètres et de hauteurs, rapportés à une règle divisée, minutieusement étudiée. L'eau dans laquelle la poussée a été déterminée a été distillée dans un appareil en platine. Toutes les opérations ont été faites en hiver, à des températures voisines de celle du maximum de la poussée de l'eau par le bronze.

Les trois résultats obtenues pour le volume du kilogramme d'eau à 4° et sous 760^{mm} sont, dans l'ordre des dimensions décroissantes des cylindres :

dm^3
1,000 025
1,000 034
1,000 033

La moyenne pondérée de ces nombres est :

1,000 029.

Or les résultats de deux déterminations comtemporaines sont :

1,000 026 ou 1,000 027 et 1,000 28

La concordance est donc parfaite. Les résultats des déterminations faites au cours du siècle écoulé diffèrent de plus de 800 unités de la sixième décimale.

Dans les mesures par les méthodes interférentielles, on a admis, pour la réduction aux unités métriques, les valeurs des longueurs d'onde de MM. Michelson et Benoît, pratiquement identiques à celles de MM. Benoît, Fabry et Perot. L'emploi des nombres de Rowland aurait fait différer les résultats relatifs au volume du kilogramme d'eau et de 100 unités de la sixième décimale.

M. J. de Kowalski (Fribourg) expose une *théorie de la luminescence* fondée sur les idées de J. J. Thomson. Les expériences faites par le savant anglais avec un tube de Wehnelt ont établi que les particules du gaz contenu dans le tube devenaient subitement lumineuses lorsque la différence de potentiel s'élevait d'une quantité très faible. L'atome acquiert donc une valeur limite appelée énergie critique de luminosité. Cette manière de voir peut s'appliquer à la luminescence. Les phénomènes de luminescence peuvent être classés de 2 manières différentes : par rapport au mode d'excitation ou par rapport à leur durée. Le premier classement comprend : la photoluminescence, la thermoluminescence, la triboluminescence et la cathodoluminescence. Le second classement comprend : la fluorescence et la phosphorescence. La photoluminescence ou luminescence provoquée par l'action de la lumière est appelée primaire lorsque le spectre d'absorption est relié par une loi simple avec le spectre d'émission ; on appelle photoluminescence secondaire le phénomène lumineux subordonné à l'existence de deux systèmes

corpusculaires intimement liés entre eux. L'existence de ces groupes a été surtout révélée par les travaux de M. R. Mayer et H. Kauffmann sur la relation entre la constitution chimique de certains corps organiques et leur pouvoir fluorescent. Les corps organiques contenant certaines chaînes fermées telles que le noyau hexagonal des dérivés du benzène, le noyau hexagonal de l'azine, l'acidine de l'oxygène, etc. deviennent lumineux à l'état de vapeur sous l'action des décharges de Tesla. M. Kauffmann donne à ces chaînes fermées le nom de *luminophore*.

Quand les corps possédant un luminophore contiennent encore d'autres groupements tels que le groupe carboxyle ou le groupe acrylique ou le groupe paraquinonique etc., ils deviennent fluorescents. Ces groupes sont appelés par Kauffmann *fluorogène*. La phosphorescence des solutions solides est aussi due à l'existence de deux groupes entierement liés entre eux. M. de Kowalski nomme ces systèmes : Electrogène et luminophore. Quand un corps contenant ces deux systèmes est excité sous l'influence d'une énergie extérieure (par exemple la lumière) le système électrogène arrive à un certain état où il ne peut plus exister en équilibre et expulse des électrons. Leur vitesse dépend surtout de leurs propriétés spécifiques et de la longueur d'onde de la lumière qui produit l'effet photoélectrique. En pénétrant dans le luminophore ils augmentent son énergie intérieure ; quand l'énergie critique est dépassée il y a production de lumière. C'est le mécanisme de photoluminescence secondaire. Dans le cas de photoluminescence primaire le luminophore emprunte son supplément directemønt à la source exci-

tante. Mais là il y a encore l'action des rayons secondaires et des rayons X qui contribuent à faire augmenter l'énergie intérieure du luminophore.

Grâce à cette théorie de la luminescence on peut se rendre compte de certaines particularités de la loi de l'optimum découverte par M. Urbain. Quand on étudie la phosphorescence sous l'action de rayons cathodiques on remarque qu'il y a une certaine concentration de la solution solide d'un corps dans un autre pour laquelle la luminosité est maximum. Lorsque le diluant a des propriétés électrogènes comme c'est le cas dans les sulfures alcalino terreux, le rôle joué par l'action des rayons secondaires peut être plus important que le rôle joué par l'excitant directement, c'est pourquoi on peut s'attendre à trouver pour le même mélange un optimum différent selon la source d'excitation. Des recherches récentes faites dans ce sens ont confirmé cette théorie et ont établi pour certaines solutions solides de terres rares dans des sulfures alcalino-terreux que la concentration devait être plus faible pour une excitation par la lumière ultraviolette que pour une excitation par les rayons cathodiques.

A. Gockel (Fribourg). *Sur l'émanation radioactive contenue dans l'atmosphère.*

Un fil tendu dans l'air et chargé négativement se recouvre comme Elster et Geitel l'ont démontré, de produits de décomposition du radium. Bumstead et d'autres savants après lui ont trouvé qu'après une durée d'exposition plus longue il se précipite également sur le fil de l'activité induite du Thorium. L'auteur, vu le peu d'observations que l'on possède actuellement, a

fait une série d'expériences à Fribourg et sur le Rothorn de Brienz.

Il a trouvé qu'à Fribourg la teneur de l'atmosphère en produits de décomposition du thorium est très constante ; elle atteignait 60 % de l'activité totale pour un fil exposé pendant 10 à 12 heures avec une charge de 2000 volts. Il semble que la pluie fait diminuer cette teneur. Si l'on tend le fil à quelques mètres au-dessus du sol, l'on obtient des valeurs supérieures à celles obtenues dans le voisinage immédiat du sol ; les valeurs les plus élevées ont été obtenues sur le Rothorn où le fil n'était pas chargé, mais mis à la terre. Vu l'intensité du champ terrestre à cet endroit, la différence de potentiel entre l'atmosphère et le fil suffit pour précipiter sur celui-ci des quantités considérables de radioactivité induite.

L'auteur a l'intention de rechercher si l'atmosphère contient principalement de l'émanation de Thorium ou de Thorium A et du Thorium B.

La teneur de l'air en ions varie avec le temps comme on le sait dans des vases clos. Cette variation peut être due soit à une émanation radioactive contenue dans le gaz soit à un rayonnement provenant des parois du vase ou du milieu ambiant. L'auteur a suivi cette variation pour un vase de tôle d'aluminium mince. Les variations de l'ionisation avec le temps étaient moins considérables avec ce vase qu'avec un vase de zinc. Ce fait semble bien démontrer qu'une grande partie des variations est dûe à un rayonnement secondaire ; celui-ci croit en général avec l'épaisseur de la paroi. Il n'a pas été possible de retrouver la dépendance, constatée par d'autres savants, de l'ionisation du vase du

potentiel de l'atmosphère ; par contre l'auteur a constaté, d'accord avec les résultats de Mache une forte augmentation de l'ionisation du vase par un temps pluvieux.

M. J. Beglinger (Wetzikon). *Réforme de la physique par la suppression complète de toutes les choses aussi larges que scholastiques existant encore et par l'introduction si possible de la notion de l'éther.*

L'auteur compte au nombre des hypothèses qui ne peuvent plus être admises en physique : l'action à distance; l'impulsion première, l'attraction des masses et la stabilité des corps célestes. Au 19me siècle l'éther a été mis en avant pour expliquer la lumière, la chaleur, l'électricité et le magnétisme ; il promet maintenant d'après les recherches les plus récentes de nous permettre de pénétrer plus profondément dans l'explication de ce que sont la matière et les forces de la nature.

A. Hall, qui a découvert les lunes de Mars, a donné en décembre 1902 une conférence à Washington dans laquelle il reconnaissait que bien des points et parties de l'Astronomie étaient douteux ou erronés ; il engagea l'Amérique du Nord à compléter les travaux de l'Europe. Karl Gruhn, à Charlottenbourg fit de nouvelles expériences avec la balance de torsion et trouva des dérangements considérables que l'on connaissait depuis 50 ou 100 ans.

L'auteur n'a pu achever sa communication vu le manque de temps.

MM. Ed. Sarasin et Tommasina (Genève), empêchés l'un et l'autre d'assister à la réunion, ont adressé une

note *sur le dédoublement de la courbe de désactivation de la radioactivité induite*. Ce travail paraîtra *in extenso* dans le prochain numéro des *Archives*.

M. Edouard GUILLAUME (Zurich). *Sur les phénomènes de Bose*.

Dans un travail paru il y a 5 ans, intitulé *Response in the Living and non-Living*, M. J. C. Bose, professeur à Calcutta était arrivé à un résultat que l'on pourrait formuler ainsi :

La pression osmotique de dissolution d'un fil métallique plongé dans un électrolyte subit une variation momentanée lorsque le fil est soumis à une torsion brusque, le signe de la variation dépendant de la nature du métal et de l'électrolyte en contact. Si l'on soumet ainsi un fil métallique à un grand nombre de torsions brusques, la décharge électrique mesurée par l'impulsion d'un galvanomètre balistique va en diminuant avec le nombre d'opérations et peut même changer de signe ; en laissant le fil *se reposer* quelques heures, on retrouve les impulsions primitives.

De nombreuses expériences m'ont, par contre, conduit aux résultats suivants :

Un fil métallique, parfaitement propre et bien poli, recuit ou non, ne manifeste aucun phénomène électrique lorsqu'il est tordu brusquement au sein d'un électrolyte. Cependant si l'on emploie un métal altérable, zinc, cuivre, le phénomène apparaîtra bientôt grâce à la couche d'oxyde qui se forme à la surface. Par la torsion cette couche se désagrège et le phénomène diminue. En laissant la couche se reformer, on voit le phénomène revenir avec la même intensité.

On peut employer des métaux peu altérables comme l'argent et le platine ; en soumettant par exemple un fil d'argent à l'action de la vapeur d'iode, on forme une couche d'iodure d'argent ; Si l'on tord le fil ainsi préparé dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, l'impulsion du galvanomètre indiquera une décharge d'électricité positive ; les impulsions successives, que l'on obtient en tordant le fil un grand nombre de fois, vont en diminuant ; la couche ne peut se reformer, de sorte que les impulsions ne reprennent pas leur valeur primitive, même après un repos prolongé de l'appareil.

En introduisant certaines corrections, on peut établir un parallélisme entre ces phénomènes et une force électromotrice d'induction ; il s'agit donc ici d'une force électromotrice instantanée d'environ 100 microvolts-seconde.

Dans toutes ces expériences, le fil métallique est en contact avec l'électrolyte par l'intermédiaire d'une mince couche poreuse. Le liquide emprisonné dans la couche est soumis, lors de la torsion, à des compressions et des frottements qui feront naître des f. e. m. de filtration étudiées par M. Perrin.

Remarquons d'abord que la torsion d'un fil dans un liquide peut se décomposer en une déformation moléculaire et une rotation du fil par rapport au liquide. En faisant simplement *tourner* le fil dans l'électrolyte, on obtient des phénomènes analogues, mais beaucoup plus faibles.

En formant sur un fil de platine une mince couche de kaolin ou de gélatine et en tournant ou tordant le fil dans ces conditions en un milieu *acide*, nous obtenons une f. e. m. instantanée *positive* ; en milieu

alcalin, elle sera *négative*; les lois du phénomène se ramènent donc bien aux lois d'osmose électrique données par M. Perrin.

René de SAUSSURE. *Théorème fondamental de la géométrie de l'espace « feuilleté »*.

L'auteur nomme *espace feuilleté* l'espace ordinaire dans lequel on prend comme élément primitif le *feuillet*, c'est-à-dire une figure composée d'un point M, d'une droite D passant par ce point (et affectée d'un sens) et d'un plan P passant par cette droite (et affecté d'une face positive et d'une négative). Dans la *Géométrie*[1] *des feuillets*, l'auteur a montré qu'un feuillet est équivalent à un corps rigide; il faut en effet six coordonnées pour définir complètement un feuillet; on peut donc former des séries de feuillets en nombre simplement, doublement,... quintuplement infini (dans notre espace à trois dimensions). La géométrie des feuillets est très riche puisqu'elle comporte cinq formes différentes : la *monosérie*, la *bisérie*, la *trisérie*, la *tétrasérie* et la *pentasérie* de feuillets; c'est la géométrie la plus générale dans l'espace à trois dimensions, car il n'existe pas de figure élémentaire plus générale que le feuillet et ne contenant aucun paramètre de grandeur.

Précisément à cause de cette grande généralité, la recherche des formes fondamentales de la géométrie des feuillets n'est pas aisée. Il suffit toutefois de trouver la pentasérie fondamentale, car les séries fondamentales d'ordre inférieur s'obtiendront par l'intersection

[1] Voir *Arch. des Sc. Phys. et Nat.*, t. XXXI, p. 132, 262.

de 2, 3, 4 ou 5 pentasséries fondamentales. L'auteur avait déjà montré comment on pouvait obtenir une pentasérie fondamentale de feuillets, mais il n'avait pas encore pu vérifier si la série obtenue est bien la plus générale possible, c'est-à-dire si elle est bien déterminée par *six feuillets arbitrairement donnés* dans l'espace.

Il s'est donc proposé de démontrer analytiquement la possibilité de trouver une pentasérie fondamentale de feuillets suffisamment genérale pour qu'elle puisse contenir six feuillets donnés arbitrairement et seulement six. En effet, puisqu'il faut six coordonnées pour déterminer la position d'un feuillet, il en résulte que l'on peut toujours prendre arbitrairement cinq coordonnées et trouver dans une pentasérie donnée un feuillet correspondant à ces cinq coordonnées et dont la sixième est déterminée par la pentasérie elle-même. En d'autres mots, on peut toujours placer un feuillet dans une pentasérie donnée en choisissant arbitrairement cinq des six coordonnées du feuillet. Donc, pour placer six feuillets donnés dans une pentasérie donnée, on dispose de $6 \times 5 = 30$ coordonnées arbitraires.

D'autre part, on peut calculer le nombre de paramètres nécessaires pour définir complètement une figure formée de six feuillets donnés et reliés rigidement les uns aux autres : 1° pour définir la figure polyédrique formée par les six points *M*, il faut d'abord définir le tétraèdre formé par quatre quelconques de ces six points, c'est-à-dire donner les 6 arêtes de ce tétraèdre ; puis définir chacun des deux points restants par ses distances à trois sommets de ce tétraèdre : $2 \times 3 = 6$; total : $6 + 6 = 12$ paramètres ; 2° pour

définir les six droites *D*, il suffit de définir leur direction puisqu'elles passent chacune par un point donné *M*; or il faut deux paramètres pour définir une direction dans l'espace ; total : $6 \times 2 = 12$ paramètres ; 3° pour définir les six plans *P*, il suffit d'un paramètre pour chacun d'eux puisqu'ils passent chacun par une droite donnée *D* ; total : $6 \times 1 = 6$. En résumé, nous voyons que pour définir complètement la figure rigide formée par six feuillets donnés, il faut :

$$12 + 12 + 6 = 30 \text{ paramètres.}$$

Comme on vient de voir que pour placer dans une pentasérie donnée six feuillets arbitrairement situés les uns par rapport aux autres, on dispose précisément de trente coordonnées arbitraires, on voit qu'au point de vue analytique, le problème est possible puisqu'il se présente sous la forme de trente équations à trente inconnues.

Puisqu'un feuillet est égal à un corps rigide, les pentasséries de feuillets représentent des déplacements d'un corps rigide possédant cinq degrés de liberté, c'est-à-dire soumis à *une seule* condition. La pentasérie fondamentale définit donc le *déplacement le plus général d'un corps rigide soumis à une condition*, puisqu'on peut faire passer une telle pentasérie par six feuillets, c'est-à-dire par six positions arbitrairement données d'un corps rigide.

Chimie.

(Séance de la Société suisse de Chimie)

Présidents : M. le prof. H. Rupe (Bâle).
M. le prof. A. Bistrzycki (Fribourg).
Secrétaire : M. le prof. F. Fichter (Bâle).

L. Pelet. Fixation des matières colorantes par les substances minérales. — A. Pictet. Sur quelques nouveaux alcaloïdes végétaux. — Ph. A. Guye, Courbes de points de fusion de mélanges binaires de composés organiques. — G. Darier. Préparation d'éthers-sels au moyen de l'acide sulfureux. — Schumacher-Kopp. Démonstration d'une torche marine. — E. Briner. Sur les mélanges de combinaisons binaires. — D. Tsakalotos. Détermination de l'eau de cristallisation. — E. L. Durand. Action de l'étincelle électrique sur les mélanges gazeux. — G. Baume. Densité de quelques gaz. — Le même. Détermination du poids moléculaire des gaz à partir de leur coefficient d'expansion. — E. Tisza. Démonstration d'une règle à calculer. — F. Reverdin. Nitration des dérivés du p-aminophénol. — F. Fichter. Action de l'acide sulfuriqne sur les acides non saturés. — J. Gyr. Etudes comparatives sur l'éthérification des acides arylacétiques. — J. H. Russenberger. Les caractères physiques des fausses solutions.

La Société suisse de chimie procède au renouvellement de son comité pour une période de deux ans. Sont nommés : Président : M. le prof H. Rupe (Bâle); vice-président : M. le prof. St. de Kostanecki (Berne); secrétaire : M. le prof. F. Fichter (Bâle).

Les communications scientifiques suivantes sont ensuite présentées :

M. le prof. L. Pelet (Lausanne) a étudié, avec M. L. Grand, la *fixation des matières colorantes par les substances minérales.*

Les colorants basiques (bleu de méthylène et fuchsine) sont fixés par les substances minérales renfermant des éléments dont la valence est égale ou supérieure à 3 et dont les oxydes ou autres composés sont susceptibles de former des fausses solutions. Le groupe OH de l'acide silicique hypothétique $Si(OH)_4$ n'a pas d'influence. L'absorption des matières colorantes basiques par la silice, l'alumine et leurs dérivés, est identique à la teinture des fibres textiles, et se représente par la fonction logarithmique

$$\frac{x}{m} = \beta C^{\frac{1}{p}}$$

dans laquelle x désigne la quantité du corps absorbant, et C la concentration du bain ; β et $\frac{1}{p}$ sont des constantes ; $\frac{1}{p}$ augmente avec la température.

La précipitation des colorants basiques, considérés comme colloïdes positifs, est activée par les ions polyvalents de signe contraire, et cela d'autant plus que la valence est plus élevée ; mais cette précipitation est retardée par les ions de même signe. L'inverse a lieu pour le ponceau cristallisé (colorant acide). Ces faits prouvent que les colorants acides ou basiques sont à l'état de fausses solutions et que la teinture est une précipitation de colloïdes sur la fibre.

M. le prof. Amé Pictet (Genève) a, en collaboration avec M. G. Court, constaté la présence de *bases organiques facilement volatiles* dans un certain nombre de végétaux, en particulier dans le tabac, la carotte cultivée, le poivre, la coca et le persil. En distillant les feuilles ou les semences de ces plantes avec une solu-

tion diluée de carbonate de soude, les auteurs ont obtenu des liquides alcalins, renfermant beaucoup d'ammoniaque à côté de quantités plus faibles de bases organiques. Pour séparer ces deux produits, ils ont neutralisé les liquides par l'acide chlorhydrique, évaporé les solutions à siccité et extrait du résidu les chlorhydrates organiques au moyen de l'alcool absolu.

Ils ont pu, de cette manière, retirer des feuilles de tabac deux nouveaux alcaloïdes liquides, bouillant entre 80 et 90°, qu'ils ont identifiés, l'un avec la *pyrrolidine*, C_4H_9N, et l'autre avec la *N-méthylpyrroline*, C_5H_9N.

Les feuilles de carotte leur ont fourni aussi deux bases volatiles; la première s'est trouvée être de nouveau la *pyrrolidine*; la seconde, à laquelle ils donnent le nom de *daucine*, est un liquide huileux, qui distille à 240-250°, possède la formule $C_{11}H_{18}N_2$ et présente certaines analogies avec la nicotine.

Des fruits du poivre noir, les auteurs ont extrait une base C_5H_9N, constituant probablement une *C-méthylpyrroline*.

Les graines de carotte, ainsi que les feuilles de coca et de persil, ont fourni également des bases volatiles, mais en quantité si faible qu'il n'a pas été possible jusqu'ici d'établir leur composition. Il a été seulement constaté qu'elles appartiennent, comme les précédentes, à la série du pyrrol; elles donnent, en effet, la réaction caractéristique du bois de sapin lorsqu'on soumet leurs sels à la décomposition pyrogénée.

M. Pictet insiste sur ce fait, que tous ces nouveaux alcaloïdes (à l'exception de la seule daucine) renferment le noyau pyrrolique plus ou moins hydrogéné. Il y voit

une vérification de son hypothèse, d'après laquelle les alcaloïdes se formeraient dans les plantes par désagrégation des matières albuminoïdes. Ce phénomène donnerait d'abord naissance à des bases pyrroliques simples, qui se compliqueraient ultérieurement par réaction avec d'autres substances coexistant dans les tissus. Les alcaloïdes proprement dits, qui possèdent en général des poids moléculaires élevés, résulteraient, selon lui, de ces transformations secondaires (méthylation, condensations, élargissement du noyau, etc.). Les bases de structure relativement simple, dont il a pu, avec M. Court, isoler quelques représentants, constitueraient, en revanche, les produits primaires et passagers de la désagrégation (*proto-alcaloïdes*), destinés à se convertir plus tard dans les bases plus compliquées (nicotine, cocaïne, pipérine, daucine) que l'on trouve à côté d'eux dans les plantes.

M. le prof. Ph.-A. Guye (Genève) rend compte des premiers résultats de recherches entreprises dans son laboratoire sur les *courbes de points de fusion de mélanges binaires de composés organiques*. Ces recherches, entreprises avec la collaboration de MM. D. Tsakalotos, A. Wroczynski et D. Antonow ont pour but de mettre en évidence les applications que la chimie organique peut retirer de ces méthodes d'observation, applications parmi lesquelles l'auteur signale les suivantes : 1° possibilité de démontrer la formation de produits d'addition précédant les réactions dites de substitution ; 2° possibilité de prouver l'existence de composés instables, surtout chez les premiers termes de certaines séries ; 3° étude de l'influence du dissol-

vant sur le pouvoir rotatoire. Indépendamment de ces résultats, ces recherches ont démontré que dans certains cas la méthode usuelle d'observation des courbes de points de fusion se trouve en défaut par suite de la formation de véritables gelées au moment où l'on cherche à solidifier le mélange des deux corps; il y a là un état particulier de la matière dont l'étude ultérieure sera poursuivie.

Comme premières applications de ces méthodes, M. Guye signale: 1° l'existence de 4 produits d'addition entre la monométhylaniline et le chlorure de benzyle, dans les rapports moléculaires 1 : 1, 2 : 3, 1 : 2, 1 : 3 (en collaboration avec M. Wroczynski); 2° l'existence d'une combinaison fusible en dessous de — 110°, entre le nitrobenzène et l'éther (en collaboration avec M. Tsakalotos); 3° l'étude du pouvoir rotatoire du menthol, en solution dans divers solvants organiques; avec le bromure d'éthylène, par exemple, la courbe des points de fusion révèle l'existence d'un composé instable entre les deux corps, dans un rapport moléculaire voisin de 1 : 6; on a reconnu aussi l'existence d'une région où le mélange des deux corps donne lieu à la formation d'une gelée dont l'étude sera continuée (avec M. Antonow).

M. Georges Darier (Genève). *Préparation de quelques éthers-sels de la série grasse au moyen de l'acide sulfureux* (en collaboration avec M. J. Fainberg). — En faisant réagir l'acide sulfureux et le chlore sur les alcools de la série grasse, les auteurs ont préparé une

série d'éthers-sels et d'acides alcoylsulfuriques. La réaction a lieu selon les équations suivantes :

$$(1)\ 2\ X.OH + SO_2 + Cl_2 = X.Cl + XO.SO_3H + HCl$$

$$(2) \begin{cases} X.OH + SO_2 + Cl_2 = XO.SO_2Cl + HCl \\ XO.SO_2Cl + X.OH = XO.SO_3H + XCl \end{cases}$$

On peut opérer de deux façons différentes : soit en faisant passer simultanément dans l'alcool des volumes égaux de chlore et d'acide sulfureux, soit en saturant à froid l'alcool par l'acide sulfureux et en y dirigeant ensuite la quantité voulue de chlore. En opérant à 0°, on obtient les éthers CH_3Cl et C_2H_5Cl avec un rendement presque théorique ; avec les alcools propylique, isobutylique et isoamylique le rendement en éthers-sels diminue à mesure que le poids moléculaire augmente et on obtient une proportion de plus en plus forte d'acides alcoylsulfuriques, mélangés de leurs produits de chloruration.

En remplaçant dans la réaction ci-dessus le chlore par l'acide nitrique concentré, les auteurs ont réussi à préparer quantitativement les *éthers nitreux* des alcools éthylique, propylique et isobutylique, selon l'équation :

$$X.OH + SO_2 + HNO_3 = XO.NO + H_2SO_4$$

Il ne se forme, dans ce cas, pas trace d'acides alcoylsulfuriques. On opère comme suit : l'alcool est mélangé à 0° avec un peu moins que la quantité équimoléculaire d'acide nitrique concentré ordinaire, puis on dirige lentement dans le mélange l'acide sulfureux, en ayant soin que la température ne s'élève pas audessus de 5° pour l'alcool éthylique et de 20° pour les deux autres alcools. Au bout de peu de temps, l'éther nitreux se sépare et vient surnager à l'état d'une

couche huileuse. Ces éthers, et principalement celui de l'alcool isobutylique, pourraient remplacer avec avantage, dans une foule de cas, le nitrite d'amyle, qui est difficile à préparer.

Ce mode d'obtention des éthers nitreux peut s'appliquer aussi à l'alcool amylique ; l'opération est cependant plus délicate, et la purification de l'éther compliquée par le fait qu'on est toujours obligé de le distiller pour le séparer de l'excès d'alcool et d'une petite quantité de nitrate d'amyle. D'autre part, il n'a pas été possible de préparer le nitrite de méthyle par ce procédé, l'acide sulfureux traversant le mélange d'alcool méthylique et d'acide nitrique sans être oxydé.

M. SCHUMACHER-KOPP (Lucerne). *Démonstration d'une torche marine.* — L'appareil consiste en un cylindre métallique contenant du carbure de calcium. En le plongeant dans l'eau après avoir détaché deux lanières qui recouvrent un peu de phosphure de calcium, on obtient immédiatement une flamme lumineuse d'une très grande intensité. L'acétylène qui se produit par l'action de l'eau sur le carbure prend feu au contact de l'hydrogène phosphoré spontanément inflammable que dégage de son côté le phosphure calcium.

Un appareil de ce genre avait été construit déjà en 1898 par le colonel Wilson de Philadelphie, et essayé sans grand succès au siège de Santiago. Depuis lors, la marine des Etats-Unis l'a perfectionné et rendu pratique. Aujourd'hui les cuirassés américains se servent de ces torches, que leurs canons lancent jusqu'à 3 km., pour découvrir l'approche des torpilleurs, sans dévoiler eux-mêmes leur position, ainsi que cela a lieu avec l'éclairage électrique.

Les torches qui se trouvent dans le commerce ont une intensité lumineuse de 300 à 3000 bougies et brûlent de 50 minutes à 3 heures. Elles peuvent servir pour tous les travaux de nuit, pour des opérations de sauvetage etc. Elles ont fonctionné pour la première fois en Suisse, sur l'initiative de M. Schumacher-Kopp, le 20 juillet dernier, à l'occasion d'un fête de nuit sur le lac de Lucerne.

M. Emile Briner (Genève). *Sur les mélanges de combinaisons binaires.* — L'auteur décrit la méthode qu'il a suivie dans l'étude de la compression des mélanges gazeux binaires en vue de la formation possible de combinaisons. Les recherches effectuées dans les conditions ordinaires de température et de pression ne sont pas suffisantes pour permettre de conclure à l'existence ou à l'absence d'une affinité entre les deux constituants. Il est nécessaire, pour se prononcer à ce sujet, de pousser la compression jusqu'à la liquéfaction du système. Le critérium le plus exact de la formation d'une combinaison réside dans la liquéfaction, à température constante, du système sans variation de pression, à toutes les températures inférieures à la température critique, lorsque la composition du mélange gazeux primitif sera identique à celle de la combinaison.

La distinction entre le mélange et la combinaison est très importante au point de vue des propriétés du système ; s'il y a simple mélange, les propriétés du système pourront être déduites de celles des constituants ; s'il y a combinaison, cette dernière aura des propriétés caractéristiques et les règles applicables seront alors

la loi d'action des masses et la formule de van't Hoff.

L'auteur démontre (recherches avec M. G. Antonow) que l'analogie des propriétés des gaz PH_3 et NH_3 s'arrête à l'action de H_2S et CO_2 sur ces deux gaz, les systèmes $H_2S + PH_3$ et $CO_2 + PH_3$ se comportant comme des mélanges sous toutes les pressions.

En collaboration avec M. E. Cardoso, l'auteur a obtenu, par compression des mélanges des gaz SO_2 et $(CH_3)_2O$, une combinaison oxonienne répondant à la formule $SO_2(CH_3)_2O$ et analogue à la combinaison $HCl\ (CH_3)_2O$, découverte par Friedel. La tension de vapeur de ce corps est plus petite que celles de SO_2 et de $(CH_3)_2O$; ses constantes critiques sont comprises entre celles des constituants. La chaleur q de la réaction

$$SO_2 + (CH_3)_2O = SO_2(CH_3)_2O + q,$$

déduite de la formule de van't Hoff, est 11,7 Cal.

M. D. Tsakalotos (Genève), en son nom et en celui de M. Ph. A. Guye, rend compte de recherches effectuées en vue de fixer les détails d'une méthode rigoureuse pour déterminer l'*eau de cristallisation* de sels cristallisés. Une méthode de ce genre peut avoir, en effet, une assez grande importance pour la détermination des poids atomiques, qui, reliés à H_2O, se trouvent rapportés à une base presque aussi précise que l'oxygène. La principale difficulté réside dans le fait qu'on n'est jamais sûr qu'un sel cristallisé contienne exactement l'eau de cristallisation correspondant à sa formule. Les auteurs ont constaté qu'en se laissant guider par la théorie de la dissociation des hydrates et en desséchant le sel cristallisé (le chlorure de baryum, dans le cas

particulier) à température constante dans une enceinte formée par un excès de sel anhydre contenant une petite quantité de sel hydraté, le rapport entre les poids du sel hydraté et du sel anhydre pouvait être obtenu avec une constance voisine de $^1/_{5000}$, et peut-être même de $^1/_{10000}$. Ils se proposent d'appliquer cette méthode à des déterminations de poids atomiques.

M. E. L. DURAND (Genève). *Action de l'étincelle électrique sur les mélanges gazeux aux basses températures.* (Recherches effectuées en collaboration avec M. E. BRINER.) — L'appareil constitue un dispositif chaud-froid. L'ampoule contenant le mélange gazeux soumis à l'action de l'étincelle est plongée, pendant l'opération, dans l'air liquide ou dans un autre milieu réfrigérent. Les produits formés se condensent contre les parois de l'ampoule et échappent ainsi à la destruction ultérieure. Les auteurs ont étudié différents mélanges azote-oxygène. Le produit qui se condense est du peroxyde d'azote ; cependant il se dépose aussi, sous forme de produit solide bleu, de l'anhydride azoteux N_2O_3. La fixation de l'azote a donc lieu ici conformément au processus généralement admis, soit : dans les régions chaudes de l'étincelle, formation de bioxyde d'azote NO, qui dans les régions moins chaudes s'oxyde en N_2O_3 puis en NO_2.

Les rendements, calculés en grammes de peroxyde d'azote par kilowatt-heure, sont plus favorables avec le mélange $N_2 + O_2$, qu'avec les mélanges $4N_2 + O_2$ (air atmosphérique) et $N_2 + 2O_2$. Aux basses pressions (100 mm. environ), on remarque une élévation notable du rendement, qui peut atteindre 1,4 gr. par kilowatt-heure.

Les quantités d'azote fixées à l'état d'oxyde sont évidemment supérieures à celles qui sont fixées à l'état d'ammoniaque. Ceci peut s'expliquer par le fait que l'oxyde NO est plus stable que le gaz NH_3 aux températures élevées qui règnent dans le voisinage de l'étincelle; cependant il est logique d'attribuer une même origine à ces deux modes de fixation de l'azote, soit : décomposition des molécules N_2, H_2, O_2, en leurs atomes et recombinaison à l'état de NH_3 et de NO. La genèse, dans des conditions absolument identiques d'un composé endothermique tel que NO, et d'un composé exothermique tel que NH_3, s'expliquerait difficilement d'une autre manière.

Les auteurs ont également étudié la formation de l'acide cyanhydrique et de l'ammoniaque (soit du cyanure d'ammonium) en faisant éclater l'étincelle dans un mélange d'azote et de gaz d'éclairage à la température de — 80°.

M. GEORGES BAUME (Genève). *Sur la densité de quelques gaz.* — La méthode employée a été celle dite *du ballon* (avec contrepoids de même volume), en apportant aux mesures les diverses corrections jugées nécessaires au cours des travaux modernes (réduction des pesées au vide, contraction des ballons vides, etc.).

Le gaz pur remplit à la fois trois ballons de volumes différents (environ 350, 525 et 800 cm^3) pour éliminer les actions de surface; le remplissage est fait à 0° (ballons entourés de glace mouillée) et à une pression très voisine de 760 mm., pour éviter les corrections de compressibilité. (Cette pression est indiquée par un baromètre-manomètre).

L'auteur préfère à la pesée des ballons vides leur pesée avec une petite quantité de gaz sous faible pression (1 à 2 mm.), mesurée exactement au moyen d'un manomètre sensible à $^1/_{10}$ de mm. ; une correction très simple permet d'en déduire le poids du ballon vide. La méthode est plus rapide ainsi, sans être pour cela moins exacte.

L'auteur insiste particulièrement sur le fait que les résultats obtenus avec le petit ballon de 350 cm³ ont souvent constitué les séries les plus concondantes. (Ecart entre les mesures extrêmes pour CH_3Cl $\frac{5}{23000}$). Les corrections étant très faibles dans ce cas, l'emploi de petits ballons présente un certain avantage, mais il nécessite par contre une balance plus sensible. Le tableau suivant indique les résultats obtenus, ainsi que les densités antérieurement admises, et le nombre des mesures que l'auteur a effectuées pour chacun des gaz qu'il a étudiés :

Gaz	Poids du litre normal			Nombre de mesures
	ancien		nouveau	
SO_2	2,9266	(Leduc, Jaquerod)	2,9266	10
$(CH_3)_2O$	2,067	(Dumas et Peligot)	2,1094	12
CH_3Cl	2,269	(d°)	2,3046	14
CH_4	0,7179	(Moissan)	0,7174 (provisoire)	6

Les résultats obtenus avec $(CH_3)_2O$, CH_3Cl, CH_4, sont destinés à la détermination du poids atomique des trois éléments C, H et Cl.

Le même. *Détermination du poids moléculaire des gaz à partir de leur coefficient d'expansion.* — Les progrès de la technique physicochimique permettent de faire intervenir dans la détermination des poids moléculaires

des gaz certains coefficients spécifiques, tels que leurs coefficients de dilatation qui, jusqu'à ces dernières années, n'étaient pas connus avec une précision suffisante pour être utilisés dans ce but.

La loi de van der Waals donne pour valeur du coefficient d'expansion d'un gaz (coefficient de dilatation à volume constant β) :

$$\beta = \frac{1}{p_0} \frac{R}{\frac{M}{L} - 6}$$

M étant le poids moléculaire du gaz dont la densité absolue est L sous la pression p_0.

Si l'on calcule au moyen de cette relation, et à l'aide des expériences très précises de Chappuis, de Jaquerod et Travers, etc., le poids moléculaire des gaz que ces savants ont étudiés au point de vue thermique, les résultats obtenus sont un peu faibles, sauf pour l'hydrogène. Mais en tenant compte de la variation $\frac{da}{dT}$ du coefficient de pression interne a $\left(\frac{da}{dT} = \frac{273}{2} \frac{d\beta}{dT}\right.$ en première approximation), l'auteur a retrouvé des nombres qui concordent bien avec ceux que l'on obtient par d'autres méthodes.

Le tableau suivant contient les résultats fournis par les deux procédés indiqués ci-dessus, ainsi que les valeurs actuellement admises des poids atomiques des éléments qui s'y trouvent mentionnés :

Elément	Valeur du poids atomique: Formule de van der Waals	Formule de van der Waals modifiée	admis
Oxygène	15,980	16,001	O = 16 (base)
Hydrogène	1,0077	1,0077	H = 1,0076
Azote	13,993	14,009	N = 14,010
Carbone (de CO)	11,967	12,002	C = 12,001
Carbone (de CO_2)	11,834	12,001	C = 12,001

L'auteur fait d'ailleurs remarquer l'incertitude qui règne en général sur l'évaluation du terme $\frac{d\beta}{dT}$, dont l'emploi nécessite des mesures d'une très grande précision et de longs calculs. Il se propose d'étendre à divers gaz le principe de la méthode précédente, en évitant les inconvénients qui viennent d'être signalés.

M. Ed. TISZA (Berne). *Démonstration d'une nouvelle règle à calculer.* — L'auteur a modifié et perfectionné cet instrument, de manière à l'appliquer aux calculs habituels des analyses chimiques. Le calcul de tout dosage gravimétrique consiste en une multiplication suivie d'une division, et peut être représenté par l'équation :

$$\frac{f.p}{s} = \text{teneur en } \%$$

dans laquelle f désigne un facteur spécial à chaque élément, p le poids du corps obtenu et s celui de la substance soumise à l'analyse. Les facteurs étant des constantes, leur place est fixée une fois pour toutes sur la règle. Le calcul est réalisé par le déplacement de la partie mobile, ce qui supprime toute possibilité d'erreur.

La manutention de l'instrument consiste à chercher sur la partie immobile le facteur de l'élément qu'on veut doser, à déplacer la partie mobile jusqu'à ce que le chiffre correspondant à p se trouve en regard de ce facteur, et à lire alors la teneur en pour cent en regard du chiffre correspondant à s. Il est vrai que la règle ne porte que des chiffres entiers, par exemple 7015, mais il n'y aura certes jamais de doute si ce chiffre doit être interprété comme étant 70, 15 ou 7, 015 %.

Pour les éléments tels que l'iode, l'antimoine, etc. qui sont dosés sous plusieurs formes (Sb_2S_3, Sb_2O_4, AgI, PdI_2), deux ou plusieurs facteurs sont portés sur la règle avec l'indication de la forme du dosage à côté de celle de l'élément.

Il est inutile de faire remarquer que cette règle à calculer peut être employée avec avantage, non seulement dans les analyses gravimétriques, mais aussi dans les analyses volumétriques, dont le calcul ne consiste également qu'en une multiplication et une division.

M. Frédéric Reverdin (Genève) communique les résultats qu'il a obtenus jusqu'à présent dans les recherches faites en partie avec ses collaborateurs, MM. Dresel, Delétra, Bucky, Cuisinier et Dinner, sur la *nitration des dérivés du p-aminophénol.*

Les dérivés du p-aminophénol renfermant comme substituants, soit à l'hydroxyle, soit à l'*amino*, les groupes acétyle, benzoyle, toluène-sulfonyle, oxyacétyle et méthyle, ont été soumis comparativement à la nitration par divers procédés, c'est-à-dire au moyen de l'acide nitrique seul $d = 1.4$ et 1.52, d'un mélange d'acide nitrique des mêmes densités et d'acide sulfurique concentré en présence d'acide sulfurique, enfin au moyen de ce même mélange en présence d'anhydride acétique.

Les substances obtenues par ces diverses méthodes ont été examinées, soit comme telles, soit sous la forme de leurs produits de saponification au moyen de l'acide sulfurique concentré, pour déterminer le nombre et la position des groupes *nitro* qui ont pu être introduits directement dans la molécule dans chaque cas particulier.

Les dérivés dans lesquels l'hydroxyle est préservé par l'oxyacétyle et le méthyle, tandis que l'*amino* est préservé par l'acétyle, se comportent d'une manière un peu différente que les autres dérivés dont il sera question plus loin. Ils fournissent par l'action de l'acide nitrique seul un mélange de dérivés dinitrés correspondants après saponification à :

OH
NO_2
NO_2
NH_2

et

OH
NO_2 NO_2
NH_2

ou aussi à

OH
NO_2
NH_2

Tous deux donnent par l'action du mélange sulfonitrique le dérivé correspondant à :

OH
NO_2
NO_2
NH_2

mais le 1-O-méthyl-4-N-acétylaminophénol fournit, en outre, le composé correspondant à :

OH
NO_2 NO_2
NH_2

L'auteur n'a pas encore examiné avec ces dérivés la nitration en présence d'anhydride acétique.

Quant aux autres dérivés, on peut en résumé dire, d'après ces recherches, que lorsque dans le p-aminophénol l'hydroxyle et l'*amino* sont préservés par l'acétyle, le benzoyle ou le toluène-sulfonyle (deux groupes semblables ou deux groupes différents se trouvant

simultanément dans la molécule), il entre, suivant la nature des substituants fixés à l'hydroxyle ou à l'*amino*, un ou deux groupes *nitro* dans le noyau.

Dans les conditions étudiées, les groupes *nitro* entrent toujours en position *ortho* relativement à l'*amino*, à la condition toutefois que les réactifs employés n'aient pas provoqué la saponification du groupe fixé à l'hydroxyle avant que l'acide nitrique ait réagi.

L'introduction d'un ou deux groupes *nitro* dans le noyau parait bien plus influencée par la nature des substituants fixés à l'*amino* que par les conditions dans lesquelles on effectue la nitration.

Dans le cas où l'un des hydrogènes du groupe *amino* est substitué par l'acétyle ou par le benzoyle, il n'entre facilement et directement qu'un seul groupe *nitro* quelque soit le procédé de nitration employé.

Il entre, dans la plupart des cas, un groupe *nitro* dans le benzoyle et dans le toluène-sulfonyle.

Les différentes méthodes de nitration étudiées ont en général donné des résultats semblables; cependant, lors de la nitration en présence d'anhydride acétique, on a observé dans quelques cas particuliers la formation de produits dont l'étude n'est pas encore faite, mais qui diffèrent des dérivés nitrés habituels.

M. le prof. Fr. FICHTER (Bâle) a, dans un travail fait avec MM. E. GISIGER et A. KIEFER, constaté que l'acide sulfurique dilué et chaud, que R. Fittig a employé pour séparer les acides non saturés $\alpha\beta$ et $\beta\gamma$, fait subir dans certains cas une transposition moléculaire aux acides $\alpha\beta$. Les acides à chaîne droite qui ont été étudiés par Fittig et ses collaborateurs, ne sont pas modifiés, mais

il en est autrement des acides acryliques alcoylés à l'atome de carbone β ; il y a chez eux recul de la double liaison, avec formation d'acides non saturés βγ, lesquels se convertissent ensuite en γ-lactones. Les auteurs ont étudié spécialement à ce point de vue les acides β-*méthyl-β-éthylacrylique* et β-*diéthylacrylique*, dont les transpositions peuvent être représentées par les schémas suivants :

$$\begin{array}{l}{}^{CH_3}_{CH_3-CH_2}\!\!>C{=}CH{-}COOH \rightarrow {}^{CH}_{CH_3-CH^3}\!\!>C{-}CH_2{-}COOH \\ \qquad\qquad\qquad\qquad \rightarrow {}^{CH_3}_{CH_3-CH}\!\!>CH{-}CH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad\; | \qquad\qquad | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad O \text{———} CO\end{array}$$

$$\begin{array}{l}{}^{CH_3-CH_2}_{CH_3-CH_2}\!\!>C{=}CH{-}COOH \rightarrow {}^{CH_3-CH_2}_{CH_3-CH}\!\!>C{-}CH_2{-}COOH \\ \qquad\qquad\qquad\qquad \rightarrow {}^{CH_3-CH_2}_{CH_3-CH}\!\!>CH{-}CH_2 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\; | \qquad\qquad | \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad O \text{———} CO\end{array}$$

M. H. Rupe a observé il y a quelque temps, chez quelques acides non saturés αβ à chaîne droite, un déplacement de la double liaison lorsque ces acides sont chauffés avec la pyridine ou la quinoléine ; mais ces acides sont stables vis-à-vis de l'acide sulfurique chaud. Les acides acryliques β-alcoylés représentent, au contraire, une classe d'acides non saturés αβ qui sont très stables vis-à-vis de la pyridine et de la quinoléine, mais qui sont, en revanche, quantitativement transformés en γ-lactones par l'acide sulfurique chaud.

M. Joseph Gyr (Fribourg). *Etudes comparatives sur l'éthérification des acides arylacétiques.* — Tandis que les acides acétiques halogénés et alcoylés ont été étudiés à plusieurs reprises au point de vue de leurs

vitesses d'éthérification, les acides acétiques arylés (à l'exception des acides phényl- et diphénylacétique) n'ont encore été l'objet d'aucune recherche dans ce sens. Le présent travail a pour but de combler cette lacune.

Les mesures ont été effectuées en solution déci-normale dans l'alcool méthylique aussi absolu que possible, contenant comme catalyseur de l'acide chlorhydrique déci-normal. La déshydratation de l'alcool a été obtenue par distillation sur la chaux vive, suivie d'un séjour prolongé sur le carbonate de potassium fraîchement calciné, et d'une distillation sur le calcium métallique. Cette dernière opération a été répétée jusqu'à ce que l'alcool donnât pour l'éthérification de l'acide phénylacétique la constante 3.384, qui est la plus élevée que l'on ait pu obtenir. Les essais faits avec l'acide phénylacétique ont montré, en effet, que sa constante d'éthérification, qui était 0.463 dans l'alcool méthylique non desséché, montait à 2.0815 après distillation de l'alcool sur la chaux vive et séjour sur le carbonate de potasse, à 2,862 après une première distillation sur le calcium, puis à 3,159 après une seconde distillation, et enfin à 3,384 après une troisième.

Les valeurs moyennes trouvées avec ce dernier échantillon d'alcool pour les constantes d'éthérification de quelques acides arylacétiques, sont les suivantes :

Acide acétique	7,319
» phénylacétique	3,384
» diphénylacétique	0,2014
» triphénylacétique	0,0001 environ.
» *p*-tolylacétique	3.665
» *p*-tolylphénylacétique	0,203
» *p*-tolyldiphénylacétique	0,0001 environ.
» *p*-oxyphénylacétique	3,352

Acide *p*-oxydiphénylacétique	0,194	
» *p*-oxytriphénylacétique	0,0001	environ.
» glycolique	9,109	
» amygdalique	2,982	
» benzilique	0,0145	
» chloracétique	2,311	
» phénylchloracétique	0,407	

Ces chiffres montrent que la substitution du radical phényle à un hydrogène de l'acide acétique diminue fortement la vitesse d'éthérification, mais que l'introduction subséquente de nouveaux groupes dans le noyau phénylique n'a plus d'influence sensible. Il est fort remarquable que l'acide glycolique ait une constante plus élevée que l'acide acétique ; on devrait s'attendre, au contraire, à ce que l'introduction de l'hydroxyle abaissât cette constante. Cependant l'entrée d'un phényle (acide amygdalique) ou de 2 phényles (acide benzilique) à côté d'un hydroxyle, produit une diminution plus forte qu'en l'absence de cet hydroxyle.

L'acide chloracétique a une constante d'éthérification dans l'alcool méthylique un peu plus basse que l'acide phénylacétique, tandis qu'elle a été trouvée par Sudborough et Lloyd plus élevée dans l'alcool éthylique. L'acide phénylchloracétique est, en revanche, plus rapidement éthérifié que l'acide diphénylacétique.

M. J.-H. Russenberger (Paris). *Les caractères physiques des phénomènes présentés par les fausses solutions et l'influence de la température sur le phénomène de la floculation.* — L'auteur rappelle l'importance considérable que l'on attribue, depuis quelques années, à l'étude des fausses solutions. Déjà Graham avait, en

1861, signalé l'intérêt que cette *nouvelle chimie* présente pour les sciences qui étudient la vie. Les *cristalloïdes* et les *colloïdes* constituaient pour lui deux formes différentes de la matière, correspondant l'une au monde minéral, l'autre au monde organique. Les synthèses de Berthelot, faites vers cette époque, firent tomber dans l'oubli l'idée de Graham. Aujourd'hui que la chimie organique semble laisser voir les bornes de sa puissance (du moins en ce qui concerne la reconstitution des matières douées de vie), on revient, non pas à l'idée que la matière organisée constitue un monde à part, mais du moins à l'idée que la chimie est insuffisante pour l'étude de cette matière, et l'on se remet à étudier les fausses solutions dans l'espoir d'y trouver l'explication de certains phénomènes de la vie.

Or il est intéressant de constater que les phénomènes présentés par les fausses solutions semblent être principalement sous la dépendance des propriétés physiques (forme, densité, grosseur, électrisation) ou physico-chimiques (valence, degré de dissociation, etc.) des substances en présence dans ces liquides.

Il en résulte que l'*étude de ces phénomènes présente les caractères d'une science déductive* et l'on peut espérer que tôt ou tard on arrivera à *prévoir la plupart des phénomènes en partant d'un petit nombre de propriétés expérimentales* convenablement choisies ; ce que l'on ne pourrait faire si les phénomènes ne dépendaient que des propriétés chimiques des substances en présence ; dans ce cas il deviendrait indispensable d'étudier à part chaque cas particulier.

L'étude de l'influence de la température sur le phénomène de la floculation des fausses solutions (coagu-

lation des « solutions colloïdales ») montre, une fois de plus, que les phénomènes présentés par les fausses solutions sont sous la dépendance des propriétés physico-chimiques des substances en présence. En effet, il résulte des expériences de l'auteur sur le sulfure d'arsenic, le ferrocyanure de cuivre et l'oxyde de fer, que la floculation se produit à chaud, par rapport à la façon dont elle a lieu à froid, d'autant plus difficilement que l'ion *solubilisateur*, introduit ou présent dans la fausse solution, est plus actif, c'est-à-dire plus concentré ou possédant plus de valences.

(A suivre.)

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LAUSANNE

Séance du 18 avril 1907.

H. Demierre et M. Duboux. Vitesse de réaction. — L. Grand. Les théories de la teinture.

MM. H. Demierre et M. Duboux ont étudié la *vitesse de réaction du sulfocyanure de baryum sur l'acide bromacétique en solution acétonique*. Cette réaction est du second ordre et la vitesse peut en être représentée par l'équation différentielle

$$\frac{dx}{dt} = K(a-x)^2$$

caractéristique des réactions de cet ordre.

Le coefficient moyen de température est 2.52. Les constantes de vitesse croissent lorsque la concentration initiale diminue, ce qui semble indiquer que la réaction est ionique.

M. L. Grand résume les différentes *théories de la teinture*. Il expose et discute les arguments apportés par les partisans des théories chimique et physique. En terminant, l'auteur croit pouvoir avancer que la théorie physique de la teinture peut seule expliquer l'ensemble des faits connus. M. Grand appuie ces considérations de preuves extraites d'un travail en cours d'exécution et cite notamment le fait que les colorants basiques sont fixés par les substances minérales telles que la silice, l'alumine et leurs dérivés.

Séance du 16 mai.

A. Wild. Industrie de la teinture et de l'impression. — B. Beccari. Absorption de quelques matières colorantes par le charbon animal.

M. A. Wild fait un exposé historique du développement et de l'état actuel de l'*industrie de la teinture et de l'impression* en Suisse, et spécialement dans le canton de Glaris. Cette étude est basée sur celle de M. Ad. Jenny-Trümpy, à Ennenda, dont les remarquables travaux historiques dans ce domaine ont été publiés par la Société d'histoire de Glaris. M. Wild accompagne son exposé de la présentation de magnifiques échantillons des procédés d'impression glaronnais pendant le XIXe siècle.

M. B. Beccari fait une communication sur l'*absorption du bleu de méthylène et du ponceau cristallisé par le charbon animal*. Les diverses variétés de charbon animal absorbent et fixent le bleu de méthylène et le ponceau cristallisé en quantités égales pour chaque variété. L'absorption est la plus forte pour le charbon de sang. Cette fixation des matières colorantes par le charbon est un phénomène de même ordre que celui de la teinture des fibres animales et végétales.

Séance du 12 juin.

Paul Dutoit et H. Rappeport. Conductibilités limites dans l'alcool éthylique. — L. Pelet et L. Grand. Fixation des matières colorantes par diverses substances minérales. — Th. Bieler-Chatelan. Dosage rapide de la chaux libre dans les chaux du commerce.

MM. Paul Dutoit et H. Rappeport communiquent les résultats de leurs recherches sur les *conductibilités limites de quelques sels dans l'alcool éthylique*. Ces conductubilités limites, prises à 18° dans l'alcool, sont les suivantes :

	K	Na	Li	NH_4	Ag
I	39.2	39.1	31.8	35.6	—
Br	39.6	—	36.3	36.4	—
CNS	41.1	41.6	—	38.0	—
$C_2H_3O_2$	—	31.8	—	—	—
NO_3	—	—	—	—	35.0

Ces valeurs sont exprimées en unités de Siemens ; elles diffèrent dans beaucoup de cas des valeurs précédemment obtenues par Völlmer, Jones, etc. Comme on le voit, on peut donc affirmer que la loi de Kohlrausch s'applique aussi aux solutions alcooliques des électrolytes et que les écarts de cette loi, s'ils existent, sont inférieurs aux erreurs d'expérience.

Au point de vue du pouvoir dissociant, l'alcool est, parmi tous les dissolvants organiques qui ont été étudiés d'une manière complète au laboratoire de chimie physique, celui qui se rapproche le plus de l'eau.

MM. L. Pelet et L. Grand ont étudié la *fixation des matières colorantes par diverses substances minérales*. Il ressort de ces recherches que les matières colorantes basiques (bleu de méthylène et fuchsine) sont fixées par la silice hydratée ou calcinée, l'alumine, l'oxyde de chrome et l'oxyde de fer, ainsi que par leurs dérivés, de la même façon que par les fibres animales et végétales ou par le charbon animal. La fixation des matières colorantes est un phénomène d'absorption et la teinture est une précipitation de colloïdes sur les fibres ou les substances minérales. Dans le phénomène de teinture, la précipitation des matières colorantes est influencée par les ions de signe contraire de la même façon que les colloïdes.

M. Th. Bieler-Chatelan présente à la Société une étude sur le *dosage rapide de la chaux* dans les chaux du commerce. Le procédé habituel de dosage de la chaux en solution chlorhydrique est assez long, puisqu'il nécessite une évaporation à sec de la solution pour éliminer la silice, puis une séparation préalable des sesquioxydes. D'autre part, l'acide chlorhydrique dissout partiellement la partie non calcaire de ces produits, ce qui ne permet pas de l'évaluer exactement, à moins de faire une analyse complète.

On peut simplifier beaucoup l'analyse en dissolvant la chaux dans une solution à 10 % de chlorure d'ammo-

nium laquelle n'attaque pas la partie non calcaire. Ce procédé, dû à M. Diedrich Meyer, a été appliqué par lui à l'extraction de la chaux des terres arables : mais il convient aussi, moyennant quelques modifications, aux analyses industrielles. L'extraction se fait à chaud, dans un matras jaugé, sur le bain-marie, ou plus rapidement en faisant bouillir la solution. Pour que l'extraction soit complète, il est prudent de la répéter encore une ou deux fois en décantant la solution calcique et en la remplaçant par une nouvelle quantité de solution ammonique à 10 %. Finalement, on réunit toutes les liqueurs dans le matras, on complète au trait de jauge, on filtre, et l'on prélève du filtrat une partie aliquote où la chaux peut être précipitée *immédiatement* par l'oxalate d'ammonium après addition de quelques gouttes d'acide acétique. Les dosages de chaux ainsi obtenus concordent à 0.1 % près avec ceux que fournit la méthode habituelle (dissolution dans l'acide chlorhydrique). D'autre part, le résidu insoluble dans la solution ammonique à 10 %, séparé par filtration, puis lavé, séché et pesé, permet une évaluation à la fois simple, exacte et complète de la partie non calcaire des chaux du commerce (grasses, maigres et hydrauliques). Par l'emploi du procédé D. Meyer, on peut donc séparer facilement et assez vite la partie calcaire de la partie non calcaire, avec une exactitude suffisante pour la pratique courante.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 10 mai 1907.

F. Kehrmann. Structure amphiquinoïdique de composés d'azonium et d'azoxonium dérivant de la naphtaline. — E. Ferrario et G. Pollini. Tolylxanthénols. — E. Ferrario et H. Vinay. Nouveau mode de formation du triphénylcarbinol. — A. Pictet et G. Karl. Tétrasulfate de nitryle.

M. F. Kehrmann indique les raisons qui lui font attribuer à certains *composés d'azonium et d'azoxonium* dérivant de la naphtaline, et substitués dans les positions 2 et 6 (formules II et III), une *structure amphiquinoïdique* semblable à celle que MM. Willstätter et Parnas admettent pour la naphtoquinone 2. 6. (I) qu'ils ont récemment découverte.

I. II. III.

M. E. Ferrario, dans un travail fait avec M. G. Pollini, a préparé les trois *tolylxanthénols* (o, m et p) en faisant agir les bromures de tolylmagnésium sur la xanthone.

Il a, de plus, avec M. H. Vinay, obtenu le *triphényl-*

carbinol par l'action de l'oxyde de carbone sur le bromure de phénylmagnésium.

M. le prof. AMÉ PICTET a constaté, en collaboration avec M. G. KARL, que l'anhydride nitrique se dissout avec dégagement de chaleur dans l'anhydride sulfurique fraîchement distillé et maintenu en fusion. Le produit, soumis à la distillation, passe presque entièrement entre 218 et 220°, sous la forme d'un liquide épais, qui se prend par refroidissement en une masse cristalline blanche et très dure, fusible à 124-125°.

On obtient le même corps en dissolvant séparément les deux anhydrides dans le tétrachlorure de carbone et en mélangeant les solutions. Il se forme alors un abondant précipité cristallin qui, rapidement filtré et séché, présente les points de fusion et d'ébullition indiqués plus haut.

Le composé en question est extrêmement hygroscopique et fume à l'air. Introduit dans l'eau, il s'y dissout avec un grand dégagement de chaleur, en donnant un mélange des acides sulfurique et nitrique. Son analyse conduit à la formule $(SO_3)_4N_2O_5$; il constitue donc très probablement le *tétrasulfate de nitryle* :

$$O<\begin{matrix}SO_2\text{-}O\text{-}SO_2\text{-}O\text{-}NO_2\\SO_2\text{-}O\text{-}SO_2\text{-}O\text{-}NO_2\end{matrix}$$

Il attaque avec la plus grande vivacité la plupart des composés organiques, en les nitrant et en les sulfonant, parfois même en les carbonisant.

Séance du 29 juin.

A. Reverdin, F. Dinner et P. Delétra. Dérivés du p-aminophénol et de l'acide p-aminobenzoïque. — F. Kehrmann et K. L. Stern. Rosindone et isorosindone. — E. Ferrario et F. Fagetti. Tétraméthylméthane. — A. Kaufmann et H. Hüssy. Nitration de la quinoléine. — E. Laubé. Produits de condensation des anthraquinones halogénées avec les amines aromatiques secondaires. — A. Pictet et G. Court. Nouveaux alcaloïdes végétaux.

M. F. REVERDIN communique les résultats de recherches qu'il a faites en collaboration avec M. F. DINNER sur la

nitration de quelques dérivés du p-aminophénol. Il s'agit spécialement de l'action exercée dans différentes conditions par l'acide nitrique sur les dérivés du p-aminophénol renfermant à l'hydroxyle les groupes acétyle ou benzoyle, et à l'*amino* le groupe toluène-sulfonyle, ou vice-versa.

M. Reverdin rectifie ensuite quelques erreurs qu'il a constatées dans un mémoire publié récemment par M. P. Delétra et lui-même sur l'*éther méthylique de l'acide amino-p-diméthylaminobenzoïque*[1]. Les composés décrits dans ce mémoire comme étant les dérivés de l'éther en question sont en réalité les dérivés de l'acide correspondant. Le dérivé hydroxylé fusible à 176,5°, dont il est en outre question dans cet article, n'est pas le corps que les auteurs croyaient avoir obtenu, mais bien l'acide 3-chloro-4-diméthylamino-1-benzoïque.

M. F. Kehrmann a étudié avec M. K. L. Stern l'action de l'anhydride acétique sur la *rosindone* (I) et l'*isorosindone* (II).

N
O——N
C_6H_5
I.

N
N——O
C_6H_5
II.

Tandis que la rosindone ne semble pas être attaquée, l'isorosindone fournit un produit d'addition, l'acétate de 3-acétoxy-phénylnaphtophénazonium (III).

N
$O.CO.CH_3$
N
$CH_3CO.O$ C_6H_5
III.

[1] *Archives* **21**. 617.

Par réduction et acétylation simultanées, la rosindone et l'isorosindone sont transformées en dérivés diacétylés. La rosindone fournit le leucodérivé IV, lequel est converti par le chlorure ferrique en chlorure de 6-acétoxy-phényl-naphtophénazonium (V).

CO.CH_3 — N — CH_3CO.O — N — C_6H_5

IV.

N — CH_3.CO.O — N — Cl C_6H_5

V.

L'isorosindone donne un leucodérivé semblable, mais celui-ci fournit, par oxydation au moyen du chlorure de fer, le même composé (III) qui prend naissance par addition d'anhydride acétique à l'isorosindone.

M. E. Ferrario a obtenu, avec M. F. Fagetti, de bons rendements en *tétraméthylméthane*, en faisant agir l'iodure de méthylmagnésium sur l'iodure de butyle tertiaire, ou l'iodure de butylmagnésium tertiaire sur l'iodure de méthyle, ou enfin l'iodure de butylmagnésium tertiaire sur le sulfate de méthyle (réaction de Werner et Zilkens).

M. A. Kaufmann a étudié, en collaboration avec M. H. Hüssy, la *nitration de la quinoléine* et de ses dérivés mononitrés. La nitration de la p-nitroquinoléine fournit un rendement quantitatif en o-p-dinitroquinoléine (pt de fus. 154°) si l'on emploie un mélange de 1 p. d'acide nitrique fumant et de 4 p. d'acide sulfurique fumant. Les dérivés dinitrés fusibles à 185° et 225°, obtenus par MM. Kaufmann et Decker[1] en nitrant la p- et la m-nitroquinoléine, ont pu être identifiés avec les dinitroquinoléines ana-para et

[1] *Berichte* **39**. 3498.

ortho-meta, préparées synthétiquement à partir des dinitroanilines correspondantes. Enfin l'ana-nitroquinoléine fournit un dérivé dinitré fusible à 179-180°, qui est identique. soit au dérivé dinitré (pt de fus. 175°) décrit par les mêmes auteurs, soit à l'ana-m-dinitroquinoléine de synthèse.

M. E. LAUBÉ indique que la *1-iodo-anthraquinone* (pt de de fus. 177°) se condense avec la diphénylamine et avec le carbazol en donnant les deux produits suivants :

$N(C_6H_5)_2$ $\qquad$ $N(C_6H_4)_2$

CO $\qquad$ CO

CO $\qquad$ CO

Le premier de ces corps fond à 233°, le second à 252-254°.

M. le Prof. AMÉ PICTET résume un travail qu'il a fait avec M. G. COURT, dans le but de rechercher si les plantes renferment des substances basiques de constitution plus simple que celle des alcaloïdes actuellement connus. Les auteurs se sont adressés pour cela à 5 végétaux différents, les uns alcaloïdifères, les autres censés ne pas contenir d'alcaloïdes ; ils ont distillé leurs feuilles ou leurs graines avec les vapeurs d'eau en présence de carbonate de soude. Ils ont, dans tous les cas, obtenu de petites quantités de bases volatiles, dont quelques-unes ont pu être identifiées à des bases déjà connues. Ils ont trouvé :

1° dans les feuilles de tabac : la *pyrrolidine*, C_4H_9N, et la *N-méthylpyrroline*, C_5H_9N.

2° dans les feuilles de carotte : la *pyrrolidine* et un alcaloïde liquide de formule $C_{11}H_{18}N_2$, bouillant à 240-250°, ressemblant à la nicotine, et qu'ils nomment *daucine*.

3° dans les graines de carotte, une base pyrrolique qu'ils n'ont pu encore identifier.

4° dans les graines de poivre, une base C_5H_9N, qui est très probablement une *méthylpyrroline*.

5° dans les feuilles de coca, une base volatile, différente de l'hygrine.

6° dans les feuilles de persil, une base appartenant également à la série du pyrrol.

La nature pyrrolique de tous ces nouveaux alcaloïdes semble être un argument en faveur de l'hypothèse que M. Pictet a émise au sujet de la genèse des alcaloïdes dans les plantes, et d'après laquelle ces corps prendraient naissance par désagrégation des matières albuminoïdes et par modification ultérieure du noyau pyrrolidique que ces matières renferment.

Avant de lever la séance, le Président adresse quelques mots d'adieu à M. le Dr Kehrmann, qui est sur le point de quitter Genève. La Société de chimie, désirant reconnaître les nombreux services que lui a rendus M. Kehrmann depuis une dizaine d'années, lui confère le titre de membre honoraire.

A. P.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

Dr Emil Liebenthal. Praktische Photometrie, 1 vol. 8° de 445 p. avec 200 fig. interc. dans le texte. Fr. Vieweg u. Sohn, libr. éd. Brunswick, 1907.

Par le fait des progrès réalisés chaque jour dans la branche de l'éclairage et de la concurrence toujours plus grande entre les différents procédés employés la photométrie a pris une importance de plus en plus grande aussi. La publication du livre que nous annonçons ici répond donc à un besoin urgent, car dans ce domaine comme dans tous les autres, la technique moderne dont le champ s'étend sans cesse réclame impérieusement le secours et les enseignements de la science.

L'auteur qui a travaillé la partie d'une manière toute spéciale comme physicien attaché à la *Pysikalische-Technische Reichsanstalt* à Charlottenbourg était tout particulièment désigné pour exposer ce sujet avec une parfaite compétence. Aussi a-t-il enrichi la littérature scientifique d'un très bel ouvrage qui rendra les plus grands services non seulement aux professeurs chargés d'enseigner cette branche de la science, mais encore plus aux ingénieurs et techniciens. Nous nous empressons de le signaler à leur attention.

CHIMIE

Travaux de chimie faits en Suisse.

J. Fröhlich. Synthèse d'un Thianthrène asymétrique substitué. *(Ber. d. D. Chem. Ges.*, T. 40, (1907) p. 2489; Bâle. Laboratoire I de l'Université).

L'auteur a observé que le sel disodique du 1-méthyl-2-amino-4-5-phényldithiol, découvert par Fichter et lui-

même, se condense facilement en solution alcaline alcoolique avec le chlorure de picryle pour donner un dérivé du thianthrène qui doit correspondre au *1-3-dinitro-6-méthyl-7-aminothianthrène* ou au *1-3-dinitro-7-méthyl-6-aminothianthrène*.

Ce produit est un dérivé du *disulfure de diphényle* de Stenhouse, récemment dénommé *thianthrène* par Krafft. Pour l'obtenir on met en suspension dans l'alcool le chlorhydrate du 1-méthlyl-2-amino-4-5-phényldithiol et l'on y ajoute à la température du bain-marie de la lessive de soude ; d'autre part on prépare une solution alcoolique bouillante de chlorure de picryle qu'on ajoute à la première solution, on agite et on laisse reposer. Il se dépose de jolis cristaux rouges à reflet cuivré, qui fondent à 203° et constituent le *1-3-dinitro-6-méthyl-7-aminothianthrène* :

S NO^2

NH^2

CH^3 NO^2

S

Ce composé fournit par réduction au moyen du chlorure stanneux et de l'acide chlorhydrique le *1-3-7-triamino-6-méthylthianthrène* dont le chlorhydrate est en aiguilles blanches.

Le *dérivé acétylé* du 1-3-dinitro-6-méthyl-7-aminothianthrène est en cristaux microscopiques F. 168°. Sa solution dans l'acide sulfurique concentré est rouge-jaune.

L'auteur décrit encore le *diacétate de 1-méthyl-2-diacétamino-4-5-phényldithiol*

$(C^2H^3O)_2N$ SC^2H^3O

CH^3 SC^2H^3O .

qu'il a préparé par l'action de l'anhydride acétique et de l'acétate de soude sur le chlorhydrate du 1-méthyl-2-amino-4-5-phényldithiol, en faisant bouillir pendant 6 heures. Ce dérivé cristallise dans l'alcool en feuillets, F. 112°.

E. Grandmougin et H. Freimann. Sur le phénol-2-4-6-trisazobenzène. *(Ber. d. d. Chem. Ges.,* t. 40, 1907, p. 2662. Zurich. Polytechnicum).

Tonolio a observé que lorsqu'on fait réagir deux molécules de chlorure de diazonium sur une solution alcaline de phénol, il se forme, en petite quantité, à côté du phénol-2-4-disazobenzène connu depuis longtemps, un composé qui fond à une température plus élevée et se dissout en rouge-violet foncé dans l'acide sulfurique concentré.

Ce composé n'est autre que le *phénol-2-4-6-trisazobenzène* qui

$$\begin{array}{c} OH \\ C^6H^5N = N \langle \quad \rangle N = NC^6H^5 \\ N = NC^6H^5 \end{array}$$

cristallise en aiguilles fines, de couleur orange, F. 215°. Il est moins soluble que le phénoldisazobenzène qui se forme dans la réaction ci-dessus ; on extrait d'abord ce dernier au moyen de l'alcool bouillant, puis le résidu insoluble est cristallisé dans une grande quantité d'acide acétique cristallisable ou de nitrobenzène. La constitution de ce produit secondaire a été établie par l'examen de son produit de réduction qui correspond au *2-4-6-triaminophénol.*

Le phénol-2-4-6-trisazobenzène est peu soluble à chaud dans la lessive de soude étendue ou dans le carbonate de soude ; il est facilement soluble en rouge dans la solution alcoolique d'éthylate de sodium ; il est insoluble dans l'acide chlorhydrique ; l'acide sulfurique concentré le dissout en violet rouge foncé. Son *dérivé acétylé* cristallise dans un mélange de chloroforme et d'alcool en jolis cristaux jaunes F. 165°.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1907

Le 1er, forte pluie et orage dans la nuit; orage avec très forte averse à 8 h. du matin.
2, brouillard le matin.
3, pluie et orage dans la nuit; pluie depuis 10 h. du soir.
du 5 au 12, forte rosée le matin.
le 13, pluie dans la nuit et de 1 h. à 7 h. du soir.
14, pluie dans la nuit, à 7 h. et depuis 10 h. du soir; orage à 5 h. du soir.
16, très forte bise pendant toute la journée.
17, forte bise.
21, brouillard le matin; rosée le soir.
22, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
24, brouillard le matin.
25, brouillard le matin.
28, forte pluie à 10 h. du matin.
30, forte rosée le matin.

GENÈVE — SEPTEMBRE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	27.8	28.0	27.9	27.81	+ 0.05	27.0	28.3	NE. 0	N. 2	N. 0	N 1	4.7	10	7	0	6	4.0	11.5	1
2	27.6	25.8	24.3	26.14	− 1.60	24.1	28.1	SE. 1	SSW. 1	S. 1	var.	3.9	10	8	10	9	6.5	9.6	5
3	22.6	22.7	22.9	23.20	− 4 52	22.2	24.8	W. 0	SSW. 2	N. 1	var.	5.9	10	10	10	10	1.1	**13.0**	**6**
4	26.4	28.0	31.1	27.64	− 0.06	23.9	31.4	S. 1	SSW. 2	S. 1	S. 1	4.6	5	3	6	5	10.5	....	....
5	32.0	32.1	33.1	32.07	+ 4.39	31.4	33.1	S. 1	SW. 1	N. 1	N 1	2.6	6	5	0	4	10.1	....	....
6	33.7	32.9	32.7	33.02	+ 5.37	31.6	33.8	S. 0	N. 1	S. 1	N. 1	2.3	0	0	0	0	**11.2**	....	....
7	34.0	33.9	34.0	33.85	+ 6.22	33.1	34.5	W. 0	N. 1	W. 1	N. 1	2 6	0	0	0	0	11.1	....	....
8	35.4	34.8	34.9	**34.84**	+ **7.24**	34.1	**35.5**	N. 0	N. 1	N. 1	N. 1	2.4	0	0	0	0	10.9	....	....
9	35.1	33.8	32.5	33.95	+ 6.37	32.2	35.2	N. 0	N. 1	S. 1	N. 1	2.6	0	1	0	0	10.3	....	....
10	31.6	30.2	31.0	30.82	+ 3.27	29.0	32.1	S. 0	N. 1	SSW. 1	N. 1	4.9	10	3	10	5	8.9	....	....
11	31.1	31.4	31.4	31.11	+ 3 59	30.5	31.7	S. 0	N. 1	N. 0	N. 1	2.6	3	6	0	4	8.5	....	....
12	32.2	31.5	32.0	31.76	+ 4.27	30.6	32.4	S. 0	N. 1	SE. 1	var.	3.7	6	2	9	7	7.4	1.6	2
13	31.4	31.0	30.8	31.26	+ 3.80	30.7	32.1	SE. 1	S. 0	S. 1	calme	1.1	10	10	10	9	....	7.7	4
14	31.0	30.7	31.4	30.92	+ 3.49	30.2	31.6	W. 0	N. 1	S. 0	var.	2.1	5	9	10	8	7.2	5.2	**6**
15	31.4	31.0	32.2	31.39	+ 3.99	30.7	32.3	SW. 1	N. 1	NNE. 1	N. 1	5.6	2	6	10	6	7.4	....	....
16	32.1	31.9	32.0	32.19	+ 4.82	31.6	32.9	NNE. 3	NNE. 3	NNE. 2	NNE. 2	**14.8**	7	2	4	3	7.6	....	....
17	32.9	33.0	32.8	32.68	+ 5.34	32.0	33.3	NNE. 2	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 2	13.6	9	5	1	5	5.6	....	....
18	32.7	31.9	32.7	32.37	+ 5.06	31.3	32.9	NNE. 1	NNE. 2	NNE. 1	NNE. 1	11.8	4	3	0	3	7.5	....	....
19	33.6	33.9	34.3	33.74	+ 6.47	33.0	34.6	NE. 1	NNE. 2	S. 0	NNE. 1	9.4	10	10	9	6	....	....	....
20	35.1	33.9	33.7	34.13	+ 6.89	32.9	35.6	SW. 0	NNE. 1	S. 1	var.	2.9	10	0	0	3	6.8	....	....
21	33.4	31.9	31.3	32.36	+ 5.15	30.8	34.1	S. 0	NNE. 1	S. 1	var.	2.9	10	2	0	4	4.3	0.2	....
22	31.7	31.6	31.8	31.69	+ 4.51	31.4	32.0	W. 1	NNE. 1	WSW. 1	NNE. 1	5.5	10	10	10	10	....	....	....
23	31.4	31.8	30.8	31.27	+ 4.13	30.4	32.0	S. 0	N. 1	SW. 0	N. 1	5.1	8	0	0	2	8.9	....	....
24	31.5	30.2	29.6	30.33	+ 3.22	28.7	31.5	S. 0	NE. 1	NE. 1	var.	2.5	10	4	3	4	5.0	....	....
25	28.3	26.0	25.3	26.86	− 0.21	24.9	29.1	S. 0	N. 1	S 0	calme	1.1	10	7	6	7	2.4	....	....
26	25.4	23.9	22.7	24.15	− 2.89	22.3	25.8	S. 0	NNE. 1	NE. 1	var.	3.2	10	7	2	7	6.6	....	....
27	22.3	21.5	21.3	**21.92**	− **5.08**	21.0	22.8	S. 0	N. 1	S. 1	calme	1.2	10	8	10	9	2.3	....	....
28	20.3	22.2	23.3	21.98	− 4.99	**19.5**	23.4	S. 0	N. 2	S. 0	var.	3.1	10	10	0	6	3.5	4.5	2
29	23.0	23.3	24.6	23.38	− 3.55	22.4	24.6	N. 1	S. 1	E. 0	var.	3.3	1	9	7	6	7.8	....	....
30	23.2	22.2	22.0	22.65	− 4.25	21.6	24.0	SSW. 1	ENE. 1	S. 0	calme	1.5	7	10	1	8	....	2.7	3
Mois	30.01	29.57	29.68	29.72	+ 2.09							4.4	6.8	5.6	4.3	5.2	183.4	56.0	29

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+15.8	+21.7	+16.0	+17.09	+ 0.50	+14.7	+24.5	93	61	89	85	**+11**	60	96	....	.....	1678
2	13.1	20.1	20.4	17.46	+ 0.98	11.2	26.2	99	81	62	81	+ 7	48	100	18.8	+ 0.6	1695
3	15.8	15.6	15.1	15.91	- 0.46	14.3	19.5	91	75	72	82	+ 7	60	97	17.9	- 0.3	1705
4	12.6	18.6	13.2	14.62	- 1.63	11.2	20.8	81	42	74	70	- 5	35	99	15.0	- 3.1	1715
5	11.3	21.4	15.6	15.11	- 1.02	8.3	24.0	82	34	81	73	- 2	**25**	98	17.4	- 0.6	1730
6	12.6	20.6	17.0	16.44	+ 0.42	10.5	23.7	87	55	86	77	+ 2	46	97	16.0	- 2.0	1727
7	13.8	21.7	17.3	17.01	+ 1.12	11.1	23.7	71	66	61	73	- 3	55	91	16.4	- 1.4	1733
8	14.4	21.5	18.1	17.81	+ 2.07	12.3	23.9	92	70	85	79	+ 3	56	95	....	.....	1705
9	15.2	22.0	18.5	**18.66**	+ 3.02	13.1	**24.8**	89	65	84	76	0	52	92	19.0	+ 1.2	1697
10	11.7	21.4	18.0	17.83	+ 2.31	13.4	23.0	91	67	82	82	+ 6	65	93	18.7	+ 1.0	1700
11	14.6	20.4	18.2	17.75	+ 2.36	13.1	23.5	91	61	82	77	0	50	95	18.8	+ 1.2	1712
12	14.6	22.2	17.8	18.29	+ **3.04**	12.9	27.0	91	60	67	73	- 4	45	92	19.0	+ 1.5	1707
13	15.0	19.4	15.4	15.88	+ 0.76	13.8	19.8	89	72	95	**88**	**+11**	68	99	19.8	+ 2.3	1663
14	13.9	19.4	13.7	15.70	+ 0.72	12.3	24.0	93	55	92	82	+ 5	50	98	19.5	+ 2.1	1665
15	13.2	19.2	15.8	15.87	+ 1.02	12.3	21.2	95	61	72	76	- 2	50	99	....	.....	1685
16	13.0	15.8	12.2	13.98	- 0.73	10.9	16.9	72	56	74	**65**	**-13**	50	83	18.0	+ 0.8	1705
17	10.0	13.6	13.6	**12.12**	- **2.44**	9.5	16.5	79	64	65	71	- 7	53	80	17.8	+ 0.7	1700
18	11.1	17.2	14.3	13.74	- 0.68	8.9	19.2	80	57	64	72	- 6	50	92	17.7	+ 0.7	1683
19	11.9	15.2	11.2	13.09	- 1.19	10.5	16.1	78	68	85	78	0	62	94	17.5	+ 0.6	1670
20	10.0	16.0	12.8	12.61	- 1.52	**7.9**	18.0	89	70	90	82	+ 3	65	95	17.0	+ 0.2	1669
21	8.5	15.4	13.8	12.75	- 1.23	**7.9**	18.4	96	83	91	86	+ 7	72	97	17.4	+ 0.7	1672
22	12.0	16.2	15.7	14.24	+ 0.41	11.0	17.1	97	77	75	85	+ 6	68	100	....	.....	1710
23	13.0	16.6	13.4	14.99	+ 1.31	10.5	19.8	92	73	95	81	+ 2	65	99	17.7	+ 1.2	1690
24	10.3	16.0	13.4	12.58	- 0.94	8.6	19.2	94	79	73	87	+ 7	70	95	17.5	+ 1.1	1707
25	10.2	18.2	15.2	14.31	+ 0.94	9.8	21.1	97	69	87	84	+ 4	62	99	18.1	+ 1.8	1690
26	12.2	20.1	15.0	15.54	+ 2.33	11.6	22.8	87	72	74	78	- 2	60	93	18.3	+ 2.1	1675
27	10.0	18.2	16.1	14.55	+ 1.50	9.1	20.4	92	67	80	80	0	62	92	17.7	+ 1.6	1707
28	13.6	13.0	12.2	13.96	+ 1.07	11.5	17.0	91	93	97	87	+ 7	70	99	17.0	+ 1.0	1702
29	11.8	20.8	14.2	15.07	+ 2.34	9.5	22.7	92	51	76	75	- 5	45	95	....	.....	1705
30	+10.5	+15.4	+11.0	+12.73	+ 0.16	+ 8.1	16.5	90	83	94	85	+ 4	75	97	16.0	+ 0.2	1692
																	1696
Mois	+12.62	+18.43	+15.14	+15.26	+ 0.60	+10.99	+21.04	89	66	80	79	+ 2			17.76	+ 0.69	1696

MOYENNES DE GENÈVE. — SEPTEMBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + $0^{mm}.02$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700^{mm} +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	30.42	30.34	30.63	30.79	30.23	29.59	30.05	30.63	30.33
2e »	32.21	32.03	32.34	32.55	32.02	31.46	32.06	32.57	32.15
3e »	27.40	27.07	27.05	27.18	26.46	25.78	26.03	26.29	26.66
Mois	30.01	29.81	30.01	30.17	29.57	28.94	29.38	29.83	29.72

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+13.82	+12.68	+13.93	+17.97	+20.46	+21.21	+18.28	+16.03	+16.80
2e »	12.92	11.98	12.73	16.06	17.84	18.27	15.80	13.62	14.90
3e »	11.71	10.68	11.21	15.14	16.99	18.05	15.86	12.93	14.07
Mois	+12.82	+11.78	+12.62	+16.39	+18.43	+19.18	+16.65	+14.19	+15.26

Fraction de saturation en %.

1re décade	91	93	88	75	62	60	73	81	78
2e »	85	86	86	72	62	62	73	83	76
3e »	89	91	93	81	75	70	78	88	83
Mois	85	90	89	76	66	67	74	84	79

Dans ce mois l'air a été calme 295 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{\text{NNE}}{\text{SSW}} = \frac{108}{44} = 2.45$.

Moyennes des 3 observations (7^h, 1^h, 9^h)

	mm
Pression atmosphérique........	729.75
Nébulosité	5.6
Température $\frac{7+1+9}{3}$..	+15°.40
Température $\frac{7+1+2\times9}{4}$..	+15°.33
Fraction de saturation.......	78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

	mm
Press. atmosphér.. (1836-1875).	727.63
Nébulosité.. ..... (1847-1875).	4.9
Hauteur de pluie.. (1826-1875).	$94^{mm}.2$
Nombre de jours de pluie. (id.).	10
Température moyenne ... (id.).	+14°.66
Fraction de saturat. (1849-1875).	77 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	31.2	42.6	54.1	42.3	46.5	41.3	54.1

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	70.5	56.0	44.2	53.3	58.3	49.4

Durée totale de l'insolation à Jussy : $177^{h}.6$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE SEPTEMBRE 1907

Le 2, brouillard le matin, pluie le soir.
3, brouillard et pluie l'après-midi.
4, très forte bise et brouillard, neige.
10, brouillard le soir.
13, brouillard et pluie.
les 14, 15 et 16, brouillard.
le 19, brouillard.
les 23, 24, 25 et 26, brouillard.
le 27, pluie et brouillard.
28, pluie et neige.
30, pluie, brouillard et neige.

GRAND SAINT-BERNARD — SEPTEMBBE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Vent Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	69.1	69.5	69.8	69.5	+ 1.4	68.9	70.0	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	3	4	8	5	....	....
2	68.2	68.9	67.3	68.1	0.0	67.0	69.1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	7	10	9	13.7	....
3	64.7	62.2	63.2	**63.4**	**– 4.6**	**62.0**	66.0	SW. 2	SW. 1	NE 2	SW. 1	10	10	10	10	12.4	....
4	63.8	66.0	68.5	66.1	– 1.9	63.4	69.0	NE. 2	NE. 3	NE. 3	NE. 3	10	5	10	8	....	....
5	69.2	71.6	72.7	71.2	+ 3.3	69.0	73.0	NE. 3	NE. 2	NE. 2	NE. 2	2	2	0	1	....	....
6	73.1	74.1	74.6	73.9	+ 6.0	72.8	74.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
7	74.9	75.7	76.3	75.6	+ 7.8	74.6	76.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
8	76.4	76.6	76.9	**76.6**	**+ 8.9**	76.1	**77.2**	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
9	76.0	75.4	74.8	75.4	+ 7.7	74.0	76.5	NE. 1	NE. 2	NE. 1	NE. 1	0	1	0	0	....	...
10	72.5	72.2	71.7	72.1	+ 4.5	71.2	73.0	NE. 1	SW 2	SW. 2	SW. 2	0	4	10	5	....	....
11	71.9	72.2	73.1	72.4	+ 4.9	71.5	73.3	SW. 2	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	7	7	8	....	....
12	72.8	73.1	73.1	73.0	+ 5.6	72.5	73.3	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 3	1	5	10	5	....	....
13	71.6	72.4	70.5	71.5	+ 4.1	70.3	72.6	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	18.0	....
14	70.2	70.3	70.2	70.2	+ 2.9	69.9	70.5	SW. 1	NE. 2	NE 1	var.	10	10	10	10	4.7	....
15	69.5	70.1	69.9	69.8	+ 2.6	69.3	70.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
16	68.8	69.2	70.1	69.4	+ 2.3	68.4	70.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	4	1	5	....	....
17	69.5	70.4	70.9	70.3	+ 3.2	69.3	71.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	2	0	1	....	....
18	70.9	71.2	70.9	71.0	+ 4.0	70.4	71.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
19	72.1	72.9	73.9	73.0	+ 6.1	71.9	74.1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	0	0	3	....	....
20	73.8	73.8	74.1	73.9	+ 7.1	73.4	74.2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	...	....
21	72.8	72.6	71.9	72.4	+ 5.7	71.5	73.0	SW. 1	SW. 1	NE. 1	SW. 1	0	2	0	0	....	....
22	70.9	70.8	71.2	71.0	+ 4.4	70.6	71.5	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
23	71.2	71.4	71.8	71.5	+ 4.9	71.0	72.0	SW. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	0	5	5	....	....
24	71.2	71.0	70.8	71.0	+ 4.5	70.5	71.4	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	2	10	6	....	....
25	69.2	68.9	68.6	68.9	+ 2.5	68.4	69.6	SW. 2	SW 4	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	....	....
26	67.4	66.6	66.0	66.6	+ 0.3	65.9	67.6	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	....	....
27	65.8	65.8	66.2	65.9	– 0.3	65.4	66.4	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	6.1	....
28	64.1	64.9	66.1	65.0	– 1.1	63.9	66.6	SW. 3	SW. 3	SW. 1	SW. 3	10	10	10	10	**39.6**	....
29	65.2	65.7	66.2	65.7	– 0.3	65.0	66.4	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	....	....
30	65.3	64.8	63.7	64.6	– 1.4	63.5	65.5	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW 2	7	10	10	9	26.9	....
Mois	70.07	70.34	70.50	70.30	+ 2.85							5.3	4.8	5.7	5.4	115.7	...

Jour du mois	Température 7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 5.4	+ 7.3	+ 6.0	+ 6.2	+ 1.1	+ 5.2	+ 8.6	86	90	83	86	76	96
2	4.9	7.3	5.6	5.9	+ 0.9	4.5	7.3	97	92	98	96	82	99
3	4.2	5.3	+ 1.9	3.8	− 1.1	+ 1.2	6.6	91	94	89	91	69	96
4	0.5	2.9	− 0.4	1.0	− **3.8**	− 0.5	6.2	88	70	100	86	60	100
5	1.8	7.4	+ 4.6	4.6	− 0.1	− **1.5**	7.6	56	58	51	55	31	98
6	7.0	11.7	9.2	9.3	+ 4.7	+ 4.3	12.5	51	55	56	54	11	76
7	9.2	15.6	10.6	**11.8**	+ **7.3**	7.0	**16.8**	23	22	44	**30**	**16**	64
8	9.0	14.4	9.2	10.9	+ 6.5	8.0	14.1	53	48	83	61	40	83
9	8.1	13.3	7.8	9.7	+ 5.4	8.0	14.0	67	56	86	70	46	96
10	6.4	10.0	6.8	7.7	+ 3.5	6.2	11.1	92	66	94	84	60	94
11	4.1	7.4	5.3	5.6	+ 1.5	4.0	8.0	98	88	99	95	78	99
12	4.6	7.6	5.6	5.9	+ 1.9	4.6	7.6	92	80	80	84	60	94
13	3.8	5.0	3.8	4.2	+ 0.3	3.5	6.0	100	95	100	98	75	100
14	3.2	5.0	2.4	3.5	− 0.3	2.0	5.5	94	85	95	91	75	95
15	1.8	3.4	1.8	2.3	− 1.3	1.5	4.2	100	98	98	**99**	88	100
16	0.6	4.6	2.2	2.5	− 1.0	0.6	5.0	100	75	96	88	70	100
17	1.6	8.0	4.8	4.8	+ 1.4	1.2	8.2	80	65	75	73	52	85
18	4.0	9.5	6.4	6.6	+ 3.3	3.4	10.2	65	48	56	56	42	85
19	2.4	7.8	6.6	5.6	+ 2.5	1.4	9.2	100	68	64	77	42	100
20	6.4	12.3	7.6	8.8	+ 5.8	5.0	12.7	15	38	60	48	35	63
21	5.5	10.2	6.4	7.4	+ 4.5	5.1	11.4	60	50	80	63	43	95
22	4.2	9.9	5.8	6.6	+ 3.8	3.8	10.4	84	46	60	63	41	85
23	3.3	10.0	4.2	5.8	+ 3.2	3.1	10.0	98	60	95	84	52	92
24	3.0	7.2	4.0	4.7	+ 2.2	2.5	9.2	90	66	95	84	62	96
25	2.8	3.2	1.2	2.4	0.0	1.0	4.2	96	85	95	92	70	98
26	1.8	5.1	2.8	3.2	+ 1.0	0.5	6.1	96	96	95	96	92	100
27	2.8	3.6	3.3	3.2	+ 1.1	2.6	5.5	96	96	100	97	93	100
28	4.0	0.6	2.6	2.4	+ 0.5	0.6	4.2	100	98	98	**99**	95	100
29	1.3	2.8	1.8	2.0	+ 0.2	0.8	4.1	100	94	96	97	92	100
30	+ 0.5	+ 1.4	+ 0.3	+ **0.7**	− 1.0	− 0.4	+ 1.7	89	100	100	96	79	100
Mois	+ 3.94	+ 7.33	+ 4.67	+ 5.30	+ 1.98	+ 2.98	+ 8.28	83	73	81	83		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — $0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500^{mm} +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	70.79	71.22	71.58	71.19	70	65	78	71
2e »	71.11	71.56	71.67	71.45	87	74	82	81
3e »	68.31	68.25	68 25	68.26	91	79	91	87
Mois	70.07	70.34	70.50	70.30	83	73	84	83

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	+ 5.65	+ 9.52	+ 6.13	+ 7.09	+ 6.86
2e »	3.25	7.06	4.65	4.98	4.90
3e »	2.92	5.40	3.24	3.84	3.70
Mois	+ 3.94	+ 7.33	+ 4.67	+ 5.30	+ 5.15

Dans ce mois l'air a été calme 0 sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{50}{90} = 0.56$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	21.1	29.4	43.0	115.7
Neige en centimètres....	0cm	0cm	0cm	0cm

SUR LE DÉDOUBLEMENT

DE LA

COURBE DE DÉSACTIVATION

DE LA

RADIOACTIVITÉ INDUITE

PAR

Edouard SARASIN et Thomas TOMMASINA

(avec la collaboration de **F.-J. MICHELI**)

Dans une étude antérieure que nous avions faite de la radioactivité induite sur des fils métalliques tendus dans l'air et maintenus à un potentiel électrique élevé (expérience d'Elster et Geitel) nous avions adopté le procédé expérimental et les appareils des deux savants physiciens de Wolfenbüttel. C'est-à-dire que nous prenions comme mesure de l'activité la rapidité avec laquelle elle décharge le corps dispersif d'un électroscope autour duquel on dispose le fil activé, préalablement enroulé sur un cylindre en toile métallique à mailles suffisamment larges pour ne couvrir qu'une très faible partie de la couche superficielle active du fil.

Nous donnions toujours sensiblement la même charge à l'électroscope et nous mesurions la perte de voltage qu'il subissait dans un temps toujours le même (5 min.

par ex.) sous l'action du fil activé. Nous obtenions ainsi des mesures de plus en plus faibles avec la diminution graduelle de l'activité, qui suit, on sait, une loi exponentielle. Les résultats de l'expérience se traduisaient ensuite dans une courbe dont les ordonnées étaient les pertes en volts et les abscisses les temps comptés à partir du moment où on avait soustrait le fil à l'activation *(courbe de désactivation)*.

Jusque là rien de nouveau, mais contrairement au mode généralement adopté nous eûmes l'idée de faire ces mesures en donnant alternativement à l'électroscope une charge positive et une charge négative et nous fûmes surpris alors de constater que la courbe reliant les points obtenus avec une des charges n'était pas la même que celle obtenue avec la charge de nom contraire. Il y avait *dédoublement de la courbe de désactivation*.

Comme nous l'avons consigné dans une note [1] communiquée *au Congrès de Radiologie de Liège en 1905*, dans le cas d'un fil métallique nu la courbe correspondante aux charges positives de l'électroscope, que nous appellerons pour abréger la *courbe positive*, se place au-dessus de la *courbe négative*, tandis qu'il y a renversement, c'est-à-dire que la courbe négative est la plus élevée des deux dans le cas d'un fil métallique recouvert d'une couche diélectrique, caoutchouc, paraffine ou autre.

[1] Ed. Sarasin, Th. Tommasina et F.-J. Micheli. Etude de l'effet Elster et Geitel, radioactivité induite. *Comptes rendus du 1er Congrès international pour l'étude dè la Radiologie et de l'Ionisation*, tenu à Liège du 12 au 14 septembre 1905, p. 25. — *Physikalische Zeitschrift*, 6 Jahrg., n° 21, p. 709-715.

Nous avons alors enregistré le fait sans nous rendre compte tout d'abord de la cause ou des causes dont il pourrait résulter et nous avons repris cette étude pour tâcher de les déterminer.

Les premières expériences, exécutées en n'ayant comme agent activeur que la quantité forcément très petite d'émanation répandue dans l'air du laboratoire, nécessitaient une activation très prolongée, à un fort voltage négatif et sur des fils très longs, pour n'obtenir encore qu'un effet assez faible ce qui diminuait la précision des mesures comparatives avec charge des deux signes.

Il y avait là déjà une première cause d'incertitude dans la faiblesse de l'effet étudié. Nous avons pensé qu'il pourrait y en avoir une seconde dans le fait que les fils radioactifs employés avaient à faire un très grand nombre de tours sur le cylindre en toile métallique et que celle-ci, malgré ses larges mailles pourrait exercer une action d'absorption ou autre par son interposition entre le corps radioactif et le cylindre disperseur de l'électroscope dont il produisait la décharge.

Enfin, la désactivation d'un corps activé avec l'intervention d'un haut potentiel négatif pouvait ne pas suivre exactement la même marche que celle d'un corps activé sans cette intervention, dans une atmosphère riche en émanation, sous l'action directe d'une substance fortement radioactive.

Dans les expériences dont nous allons maintenant rendre compte ici nous nous sommes efforcés, en opérant sur une radioactivité induite beaucoup plus intense, de déterminer le rôle que peuvent jouer dans le dédoublement de la courbe de désactivation : 1° les toiles

métalliques écrans, 2° le mode spécial d'activation avec ou sans l'intervention d'un haut potentiel électrique.

I. Radioactivité induite sans charge électrique.

1. *Courbe unique donnée dans ce cas.* — Pour obtenir une forte radioactivité induite nous avons fait séjourner le corps à activer dans une enceinte close contenant une substance possédant une radioactivité propre intense. Nous avons pris comme enceinte activante une boîte cylindrique en laiton de 35 cm. de haut et 18 cm. de diamètre sur le fond de laquelle nous avions déposé une capsule contenant un sel de radium[1].

Opérant dans ce milieu très riche en émanation au lieu de l'air du laboratoire qui en était forcément très pauvre, nous avons pu, tout en obtenant un effet beaucoup plus fort remplacer le fil de 12 m. de long, sur lequel nous avions expérimenté précédemment, par un fil de quelques centimètres.

Ainsi un bout de fil de fer de 1 mm. de diamètre et de 21 cm. de long, terminé en crochet pour facile suspension, exposé trois fois 24 heures dans l'enceinte activante, puis sorti de celle-ci et suspendu à l'extérieur du cylindre en toile métallique, ayant servi à l'enroulement des longs fils, a produit au tout premier moment sur l'électroscope une perte de voltage de 100 v. par minute. Les mesures faites à partir de là,

[1] Ce sel provenait du cabinet de physique de l'université de Genève et avait été mis très aimablement à notre disposition par M. le Prof. C.-E. Guye. Nous ne nous sommes pas autrement inquiétés de sa composition, n'ayant considéré que ses facultés activantes.

pour la durée constante d'une minute et avec des charges alternativement de nom contraire nous ont donné la courbe de désactivation, fig. 1, qui ne présente aucun dédoublement.

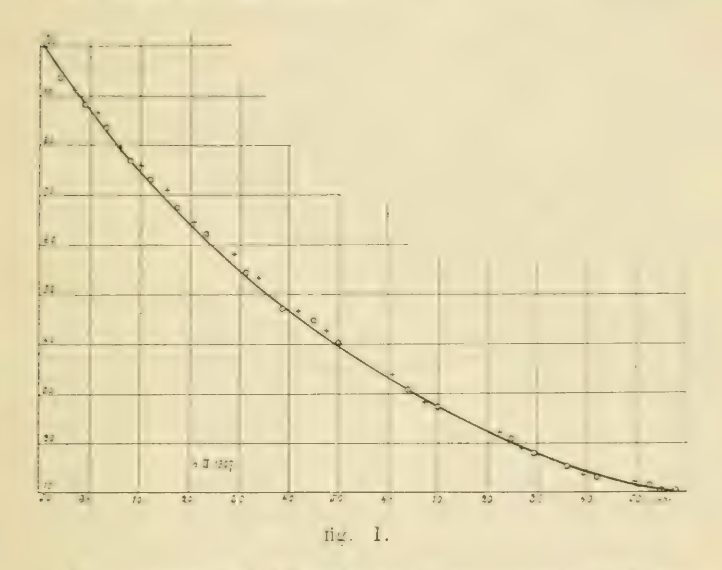


fig. 1.

Nous avons répété la même expérience en remplaçant le bout de fil de fer nu par un bout de même longueur et de même forme, constitué d'un fil de cuivre de 0.5 mm. d'épaisseur, recouvert d'une couche isolante caoutchouc et soie, enduit en outre de paraffine par frottement, qui fut exposé pendant 4 fois 24 heures dans l'enceinte close en présence du sel de radium. Partant de la même charge à l'électroscope la perte de voltage par minute fut plus forte au premier moment que dans le cas précédent soit 144 v. et le résultat fut identique c'est-à-dire une courbe de désactivation unique pour les charges des deux signes contraires.

Le résultat a été le même encore avec un fil nu ou

recouvert, un peu plus long, de façon à faire une ou deux fois extérieurement le tour de la grille support.

Nous pouvions donc conclure d'emblée de ces premières expériences bien et dûment répétées et contrôlées qu'un corps quelconque conducteur ou diélectrique activé sous la seule action d'une substance radioactive, sans intervention d'un haut potentiel électrique et dont le rayonnement n'est pas sensiblement modifié par l'interposition de quelques mailles très larges de fil métallique, ne donne qu'une seule courbe de désactivation.

Si le dédoublement que nous avions observé dans nos anciennes recherches, sur de très longs fils radioactivés à l'air libre, avait été l'effet du cylindre en toile métallique sur lequel ces fils avaient été enroulés, cet effet d'écran avait dû ne devenir sensible que par le fait du grand nombre de tours des fils autour de lui. Encore cette action d'écran pouvait-elle être double: 1° des mailles de la grille support sur les rayons partant du fil enroulé ; 2° de l'ensemble de la grille et du fil enroulé dessus sur la radioactivité secondaire excitée pendant l'expérience par le fil radioactivé, sur les parois intérieures de la boîte protectrice de l'électroscope, et dont le rôle n'est pas absolument négligeable, nous le verrons plus loin.

2. *Dédoublement produit par l'interposition d'une grille écran.* — Si cette action de la grille support s'était réellement produite nous devions la retrouver dans les nouvelles conditions de nos expériences en remplaçant le grand nombre de tours par l'interposition d'une seconde grille entre le fil radioactivé court et le cylindre disperseur de l'électroscope. Ce fut bien le cas.

Ainsi en enroulant sur la grille support ordinaire un fil de fer nu de 55 cm. de longueur, activé par simple exposition en présence du sel de radium, puis interposant entre lui et le cylindre disperseur de l'électros-

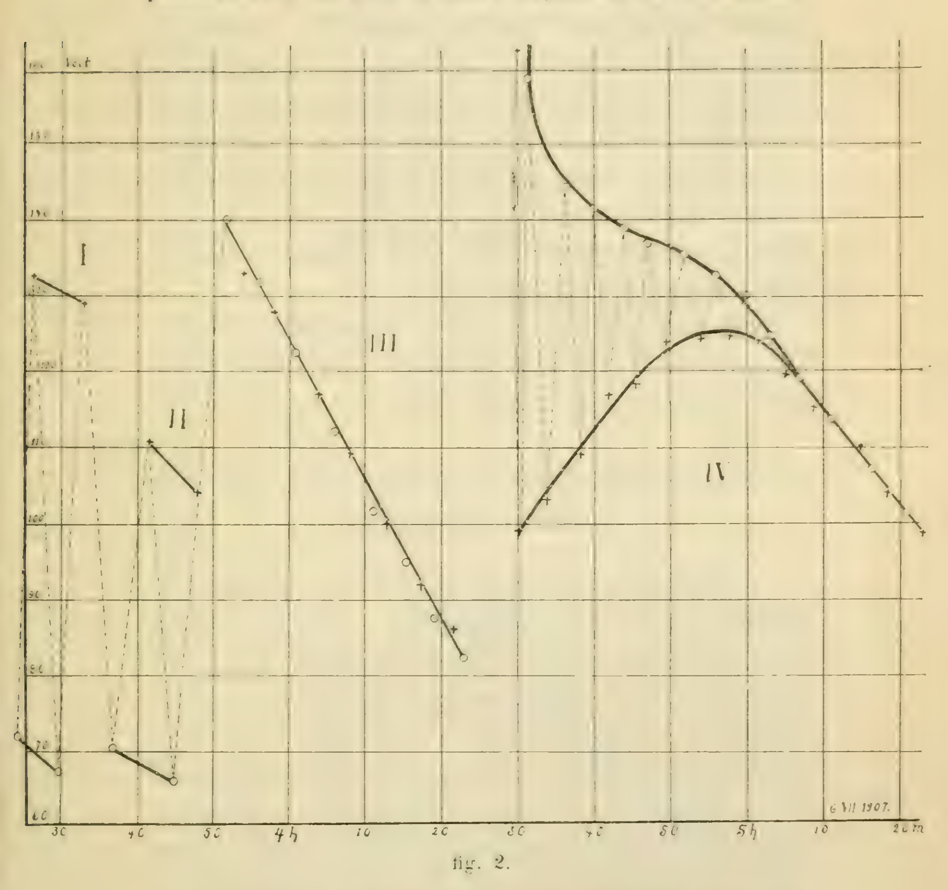


fig. 2.

cope un second cylindre plus petit en toile métallique fine nous avons immédiatement obtenu le dédoublement très accentué de la courbe de désactivation (fig. 2, diagr. I, II et III), la positive se plaçant au-dessus de

la négative, puis retour à la courbe unique aussitôt la grille intermédiaire enlevée.

Nous avons fait la même observation en remplaçant dans cette expérience le fil nu radioactivé par un fil de même longueur avec couche superficielle caoutchouc et soie enduit de paraffine. Dans ce cas comme dans le précédent la courbe positive était au-dessus de la négative contrairement à ce que nous avions observé dans nos anciennes expériences où le fil recouvert d'une couche isolante, radioactivé dans l'air ordinaire avec haut potentiel négatif, nous avait toujours donné la courbe négative en dessus.

Cette interversion des courbes devait donc provenir de l'activation avec haut potentiel électrique, comme nous l'avons constaté dans la suite.

II. Radioactivité induite avec intervention d'un haut potentiel électrique.

1. *Radioactivité induite avec charge positive ou négative sur un fil métallique nu.* — Ayant reconnu cette différence entre le cas où l'activation a été produite par le seul effet d'une émanation intense et celui où elle a été obtenue par l'intervention d'un haut potentiel électrique nous avons voulu reprendre l'étude de ce dernier cas avec une activité induite beaucoup plus forte obtenue par la double action d'un haut potentiel négatif agissant dans un milieu riche en émanation.

Pour nous mettre complètement à l'abri de l'effet d'écran que pouvait produire ici le cylindre support en toile métallique, nous avons pris pour ces expériences des fils suffisamment épais et rigides pour se mainte-

nir d'eux-mêmes enroulés en spirale autour du corps disperseur de l'électroscope et à la même distance à peu près que les fils enroulés sur la grille support.

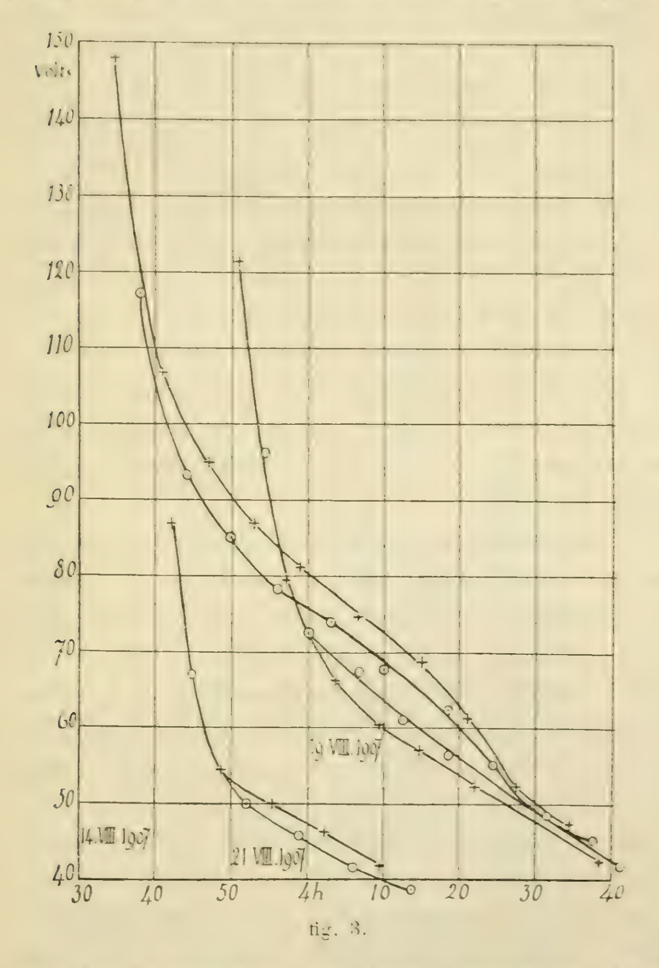


fig. 3.

La fig. 3 montre trois courbes obtenues en opérant sur une telle spirale d'un gros fil de cuivre nu portée à une radioactivité élevée avec charge électrique néga-

tive pour l'une d'elle, positive pour les deux autres. Ces courbes simples au tout début de l'expérience montrent qu'il n'y a pas dédoublement dans ce cas. En revanche elles se dédoublent très vite dans la suite, présentant un maximum d'écartement au bout de 20 à 25 minutes. L'expérience a été arrêtée pour la troisième d'entre elles à ce moment-là et le fil radioactif ayant été enlevé de la boîte protectrice la perte de charge de l'électroscope se trouva être très sensible. C'était là l'effet de la radioactivité acquise au voisinage du fil par les parois de la boîte dans le cours de l'expérience. Cet effet se produisant à travers le fil ce dernier agissait sur lui comme écran, ainsi que nous venons de le voir, et déterminait le dédoublement passager des 3 courbes de la fig. 2 qui se rapprochent ensuite graduellement par suite de l'affaiblissement de cette action des parois.

2. *Radioactivité induite avec charge négative sur un fil recouvert d'une couche diélectrique.* — Comme fil conducteur isolé nous avons employé pour cette série un faisceau de 5 fils de cuivre de 3,5 mm. de diamètre entouré d'une gaîne en caoutchouc de 1.5 mm. d'épaisseur se maintenant de lui-même en une spirale à 3 tours de 9 cm. de haut et 15 cm. de large. Pour nous limiter nous ne reproduirons ici, en détail, que l'expérience qui nous a donné le résultat le plus marqué. La spirale de fil que nous venons de décrire fut maintenue pendant 68 minutes à une charge négative de 2200 v. dans l'enceinte fermée contenant le sel de radium, puis introduite dans la boîte cylindrique en tôle de laiton de l'électroscope et observée immédiatement. L'électroscope recevait alternativement des charges positives et négatives et on observait la

perte de charge en une minute à partir de 226 v. (correspondant à un écartement total de 30 divisions des feuilles d'aluminium, 15 de chaque côté). Vu l'importance que nous attachons à cette expérience nous donnons ici tous les détails numériques : la première colonne donne l'heure, la deuxième le signe de la charge, la troisième la lecture faite chaque fois au bout d'une minute en divisions de l'échelle, la quatrième cette lecture traduite en volts, la cinquième la chute produite pendant la minute au dessous du voltage primitif de 226 v.

t	signe	divis.	*v*	perte
4^h28	—	0	0	226
4^h30	+	12.2	126.9	99.1
$4^h31\ ^1/_2$	—	4.6	67.1	158.9
4.34	+	11.6	123.2	102.8
4^h36	—	5.9	82.0	144.0
4^h38	+	10.6	116.7	109.3
4^h40	—	6.2	84.6	141.4
4^h42	+	9.5	109.0	117.0
4^h44	—	6.5	87.2	138.8
$4^h45\ ^1/_2$	+	9.3	107.6	118.4
4^h47	—	6.7	88.8	137.2
4^h50	+	8.6	102.7	123.3
4^h52	—	6.9	90.5	135.5
4^h54	+	8.5	102.0	124.0
4^h56	—	7.3	93.6	132.4
4^h58	+	8.4	101.3	124.7
5^h	—	7.6	95.7	130.3
$5^h1\ ^1/_2$	+	8.5	102.0	124.0
5^h3	—	8.5	102.0	124.0
5^h5	+	9.1	106.2	119.8
5^h7	—	9.2	106.9	119.1
5^h9	+	9.7	110.4	115.6
5^h11	—	10.5	112.5	113.5
5^h15	+	10.5	116.0	110.0
$5^h16\ ^1/_2$	—	11.0	119.3	106.7
$5^h18\ ^1/_2$	+	11.4	121.9	104.1
5^h21	—	11.8	124.5	101.5
5^h23	+	12.2	126.9	99.1

La fig. 2 (diagr. IV) donne la courbe obtenue en prenant comme ordonnées la perte de charge en une minute et comme abscisses les temps. Elle montre que si la courbe négative a une allure à peu près normale, sauf un exhaussement marqué au tout début, la courbe positive suit au contraire une marche tout opposée. Partant de beaucoup plus bas, elle commence par s'élever assez rapidement pendant la première demiheure de l'expérience, s'abaisse ensuite et finit par rejoindre la négative pour n'en former qu'une avec elle.

Nous avons cru d'abord être en présence d'un cas particulier et exceptionnel et nous avons répété l'expérience à plusieurs reprises et toujours nous avons retrouvé une allure analogue du phénomène, quoiqu'avec un caractère un peu moins accentué.

Nous avons craint qu'il y ait eu une cause d'erreur dans notre mode d'expérimentation, provenant en particulier de l'action des parois de la boîte cylindrique dans laquelle le corps disperseur et le fil radioactivé sont enfermés, action que nous avons constatée plus haut. Nous avons donc répété l'expérience que nous venons de décrire en supprimant le couvercle et la paroi cylindrique de la boîte de l'électroscope et en gardant seulement le fond sur lequel reposait le fil en spirale. La courbe obtenue dans cette expérience de contrôle, faite à l'air libre, est donnée par la fig. 4, qui est, on le voit, la reproduction presque exacte de celle de la fig. 2 (diagr. IV), laquelle, après une confirmation aussi nette, peut difficilement être attribuée à un défaut d'observation.

Nous avons ainsi retrouvé là avec un degré d'intensité tout autrement fort, ce dédoublement de la courbe de

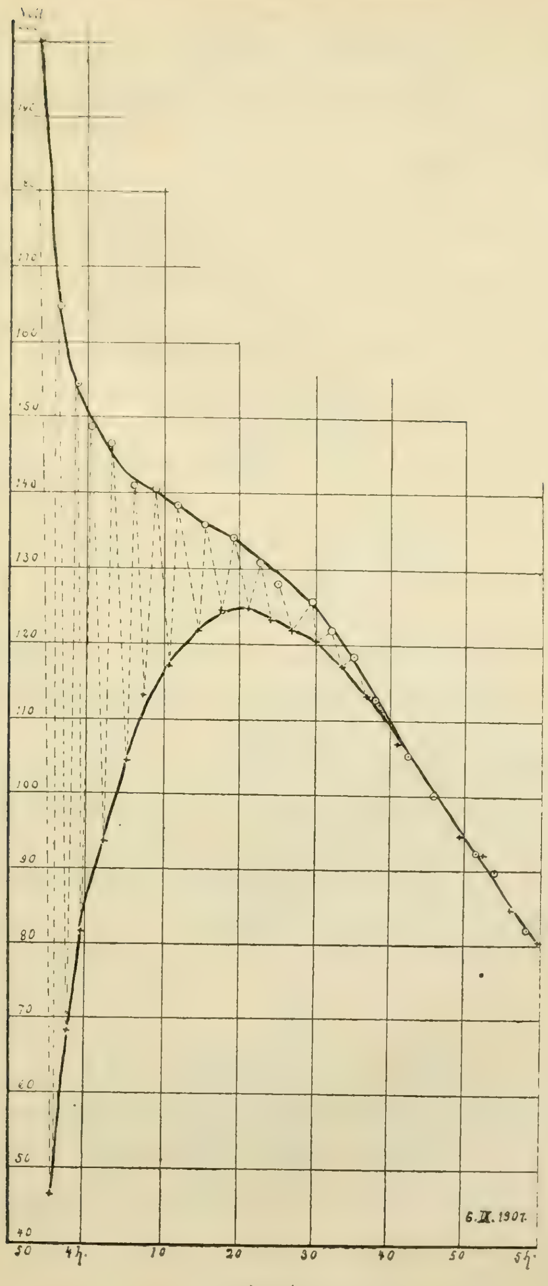


fig. 4.

désactivation d'un conducteur recouvert d'une couche diélectrique activé par l'action d'un potentiel négatif élevé, dédoublement avec courbe négative au-dessus, contrairement à celui qui se produisait dans tous les autres cas étudiés.

2. *Radioactivité induite avec charge positive sur un fil recouvert.* — Après ce résultat si significatif, nous avons voulu étendre l'expérience au cas où la radioactivation du fil recouvert de caoutchouc a été effectuée avec intervention d'un haut potentiel positif.

Nous avons fait plusieurs séries de lectures avec la même spirale, maintenue pendant 4 à 5 heures dans l'enceinte activante à un potentiel positif voisin de 2000 à 3000 v. puis introduite dans la boîte protectrice de l'électroscope. Elles nous ont donné des courbes toutes semblables. Nous ne reproduirons ici que la dernière de ces expériences, exécutée avec suppression de la boîte protectrice de l'électroscope. La spirale de cuivre recouvert de caoutchouc fut maintenue pendant six heures à une charge positive de 3000 v. dans l'enceinte activante et observée à l'air libre immédiatement après sa sortie de celle-ci. Chaque lecture portait sur la décharge produite sur l'électroscope en 1 ½ minute en partant toujours d'une charge initiale de 226 v. (30 divisions de l'échelle).

Les résultats numériques furent les suivants :

t	signe	div.	*v*	perte
3^h37	+	9.2	106.9	119.1
3^h40	—	19.0	167.7	58.3
$3^h42\ ^1/_4$	+	12.8	130.2	95.8
$3^h45\ ^1/_2$	—	18.1	161.9	64.1
$3^h48\ ^1/_2$	+	14.3	139.3	86.7
3^h52	—	17.2	156.5	69.5

t	signe	div.	v	perte
3h55 1/2	—	16.8	154.2	71.8
3h59	—	16.6	153.1	72.9
4h2	+	15.2	144.9	81.1
4h6	—	16.1	150.3	75.7
4h10	+	15.9	149.1	76.9
4h13	—	15.7	147.9	78.1
4h17 1/2	+	16.8	154.2	71.8
4h21	—	16.2	150.9	75.1
4h23 1/2	+	17.4	157.6	68.4
4h26	—	16.6	153.1	72.9
4h29	+	18.3	163.2	62.8
4h33 1/4	—	17.2	156.5	69.5
4h36 1/2	+	19.3	169.4	56.6
4h39	—	18	161.2	64.8
4h42 1/2	+	20.2	174.4	51.6
4h45 1/2	—	18.5	164.5	61.5
4h48 1/2	+	20.8	177.8	48.2
4h52	—	19.6	171.1	54.9
4h55	+	21.6	182.2	43.8
4h58 1/2	—	20.3	175.-	51.-
5h1 1/2	+	22.6	188.-	38.-

La fig. 5 donne les deux courbes très différentes qui ressortent de ces chiffres. Elles présentent une remarquable analogie avec celles des fig. 2 (diagr. IV) et 4. L'écartement initial est tout aussi grand, seulement c'est ici la courbe positive qui est à peu près normale avec exhaussement un peu exagéré au début, tandis que la courbe négative commence très bas, puis monte rapidement, jusqu'à atteindre et même dépasser la positive pour marcher ensuite parallèlement avec elle, un peu au-dessus.

Ce résultat si marqué, obtenu seulement en dernier lieu, nous amène à modifier l'interprétation du reste très sommaire que nous avions donnée dans notre note récente à l'*Académie des Sciences*[1] en la basant sur l'hy-

[1] *Comptes rendus*, séance du 19 août 1907, t. CXLV, p. 420.

pothèse de la pénétration des rayons β dans la couche diélectrique sous l'action d'une forte charge électrique. Nous pensons maintenant qu'il faut y voir le double effet de deux actions simultanées et concommittantes de la radioactivité induite et d'une *charge électrique résiduelle* demeurée dans la couche isolante après l'inter-

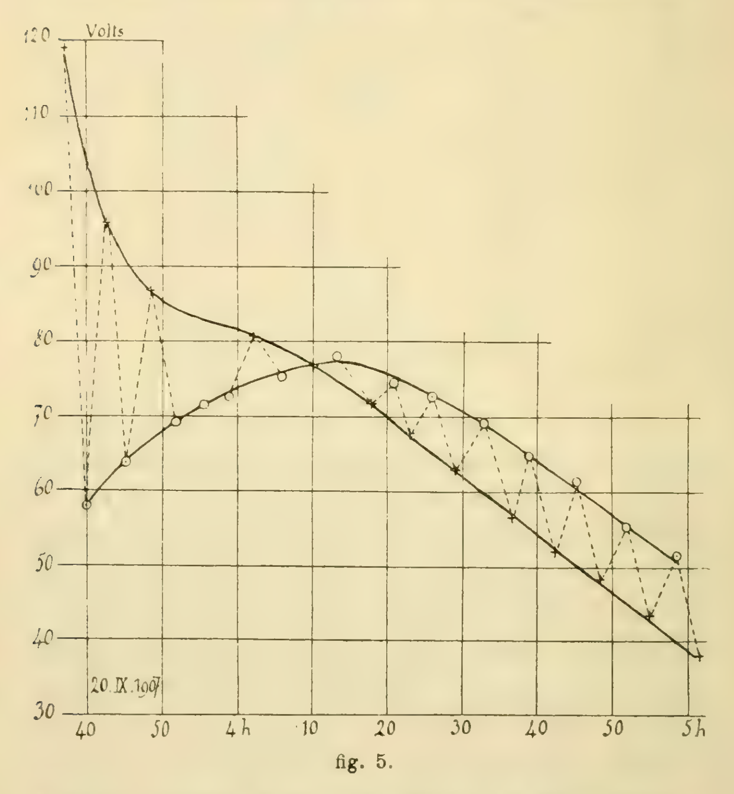


fig. 5.

vention du haut voltage électrique. La dispersion de cette charge, qui serait favorisée par la radioactivité, agit en sens opposé de celle-ci sur l'électroscope quand la charge de ce dernier, étant de nom contraire, indique un potentiel abaissé par influence. De là viendrait

l'abaissement que subit au début la courbe positive dans la fig. 4, la courbe négative dans la fig. 5 et le relèvement graduel de l'une et de l'autre à mesure que cette charge résiduelle diminue. De là proviendrait aussi le relèvement initial exagéré de la courbe de nom contraire, la chute de la charge résiduelle s'ajoutant pour elle à celle de la radioactivité, puis enfin le retour des deux courbes à une allure normale aussitôt que cette charge s'est complètement dissipée, la courbe négative reprenant sa place au-dessus de la positive suivant la règle du dédoublement dans le cas d'un fil recouvert d'une gaîne isolante.

C'est pour ce dernier fait seulement qu'on pourrait reprendre l'hypothèse, que nous avions précédemment énoncée, d'une pénétration des rayons β dans la couche diélectrique, dont ils s'échapperaient ensuite lentement.

Nous donnons ici sous toute réserve cette explication qui demande à être soumise à un contrôle ultérieur par une nouvelle étude de ces deux cas spéciaux, étude que nous n'avons pu entreprendre encore.

III. — Du dédoublement de la courbe de désactivation par l'action des écrans en toile métallique.

Après avoir ainsi constaté que la marche de la désactivation est différente suivant que la radioactivité induite est obtenue avec ou sans l'intervention d'un potentiel électrique élevé, nous revenons à l'étude détaillée de l'action des écrans.

Nous avons démontré ci-dessus que l'interposition d'un écran en toile métallique produit immédiatement le dédoublement de la courbe de désactivation, nous voulons étudier de plus près cet effet.

Nous avons employé pour ces recherches des grilles cylindriques en toile métallique de diamètres plus ou moins grands pour pouvoir se placer les uns dans les autres, de types assez différents aussi comme grosseur de fil et écartement de mailles, la plupart en fer, les autres en laiton. Le plus grand écartement était donné par la toile dont était formée notre grille support, présentant des mailles hexagonales de 2 cm. de hauteur et 1,5 cm. de largeur. En dessous de ces dimensions nous avons pris des grilles avec trous de 3,5 mm. à 4 mm., de 2 mm. et de tout-à-fait fines, de 0,5 mm. à 0,2 mm. environ. Nous observions l'effet successif de plusieurs écrans différents sur un même fil fortement activé, en commençant par les plus absorbants, en interposant parfois deux à la fois pour ralentir suffisamment la chute des feuilles d'aluminium de l'électroscope qui sans leur interposition serait trop rapide pour permettre aucune lecture et nous gardions la suppression de tout écran pour la fin de l'expérience, alors que l'action du fil activé sur l'électroscope ne produisait plus sur les feuilles d'aluminium qu'une chute facile à suivre.

Dans le cours d'une même expérience nous devions aussi suivant l'intensité de l'action sur l'électroscope faire varier la durée pendant laquelle nous observions la perte de voltage, depuis $^1/_4$ min., quand l'action était très forte, $^1/_2$ min., 1 min. ou 2 min. Pour chaque cas différent il suffisait de 4 à 6 lectures pour établir la position relative et l'écartement des deux courbes de désactivation obtenues.

Pour simplifier nous distinguerons trois cas principaux :

1° Celui d'un corps quelconque, conducteur ou dié-

lectrique, maintenu simplement un temps plus ou moins long dans une atmosphère riche en émanation du radium :

2° Celui d'un conducteur métallique nu radioactivé dans la même atmosphère en étant maintenu tout le temps de l'activation, qui dans ce cas peut être beaucoup plus court, à un potentiel négatif élevé ;

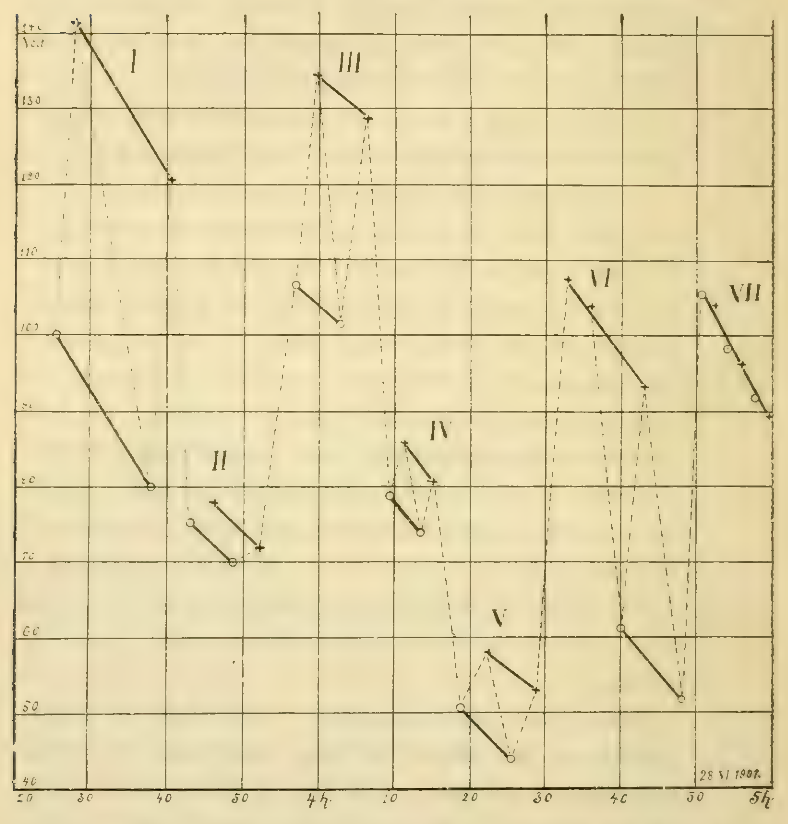
3° Celui d'un conducteur recouvert d'une couche diélectrique épaisse également chargé négativement.

1. *Radioactivité induite sans charge électrique.*

La fig. 6, prise parmi beaucoup d'autres relatives à ce cas, montre nettement l'effet produit par l'interposition des grilles de types différents. L'observation a porté sur la spirale que nous venons de décrire, formée d'un faisceau de fil de cuivre recouvert de caoutchouc se mainterant d'elle-même sans grille-support, radioactivée par le simple séjour de 45 heures dans la cloche contenant le sel de radium. Au moment où nous venions de l'en sortir pour l'introduire dans le cylindre protecteur en laiton de l'électroscope, la chute des feuilles d'aluminium était beaucoup trop rapide pour que nous pussions faire des lectures même d'un quart de minute.

Nous avons donc commencé l'expérience en interposant un des écrans les plus absorbants que nous possédions, soit une grille fine à trous de 2 mm. (voir le diagr. I) ; 4 observations avec durée de 1 min. chacune pour l'action déchargeante sur l'électroscope ont suffi pour fixer la position des deux courbes positive et négative l'une par rapport à l'autre. Comme on le voit elles présentent un grand écartement, la positive au-dessus.

Le diagramme II se rapporte à l'interposition d'un écran plus absorbant encore formé d'une gaze fine en laiton à trous de 0,2 mm. ; nous avons dû faire porter nos lectures dans ce cas sur 2 min. ; l'écartement des



I un écran, 2 mm (1 min.). — II un écran, 0,2mm (2 m.). — III deux écrans, 2mm et 2 cm (2 m.). — IV un écran, 2 cm (1/2 m.).— V un écran, 2 mm (2 m.).— VI un écran, 4 mm (2 m.). — VII sans écran (1 m.)

fig. 6.

deux courbes a été beaucoup moins grand, quoique très net encore. — III montre l'effet de 2 grilles interposées simultanément, grille type de la grille support placée

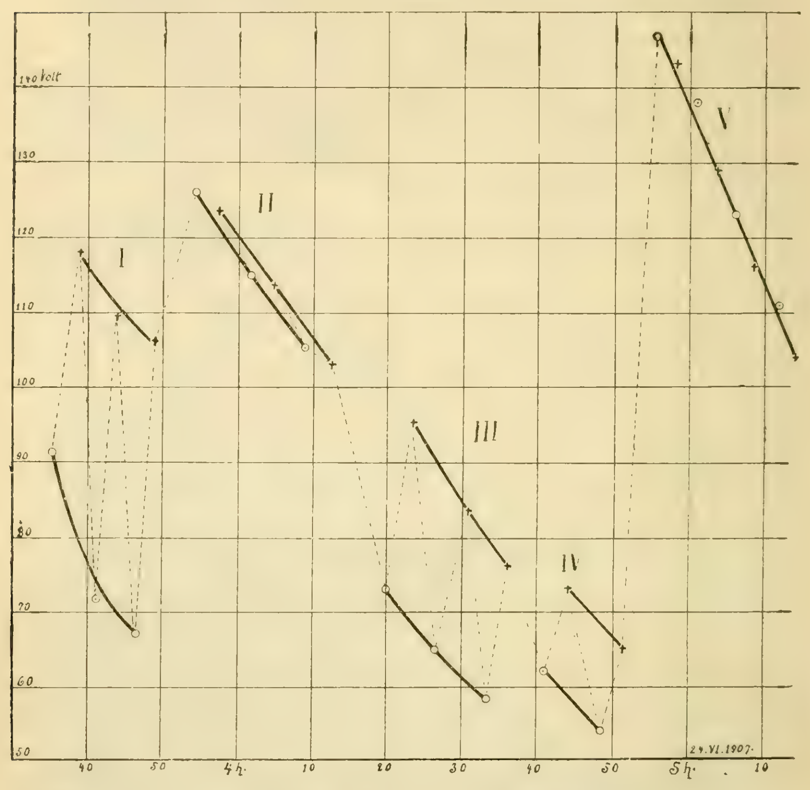
intérieurement, grille trous de 2 mm. extérieure, même effet, de nouveau plus prononcé. — IV la grille à grandes mailles (2 cm.) est seule, effet relativement faible. — V même écran qu'au début de l'expérience, écartement beaucoup moindre. — VI, écran trous de 4^{mm}, en fil un peu plus gros, l'écartement est le plus fort obtenu dans cette série. — Enfin VII, suppression de tout écran, courbe unique.

On remarquera que dans le cas que représente la figure 6 le dédoublement de la courbe de désactivation par l'effet des écrans s'est toujours produit avec la courbe positive placée au-dessus de l'autre, quoiqu'il s'agisse d'un fil recouvert d'une couche isolante.

Nous avons exécuté la plupart de nos expériences en prenant comme corps radioactivé des fils métalliques de différentes natures et dimensions, cela pour nous rapprocher des conditions de nos anciennes expériences que nous nous étions donné comme tâche de contrôler. Mais nous les avons répétées aussi avec d'autres corps, ainsi avec la grille support elle-même, radioactivée sous la seule action du sel de radium, ou bien encore avec un cylindre de carton du même diamètre traité de la même façon. Toujours le résultat a été le même, c'est-à-dire la courbe positive en haut, comme dans la fig. 6 et les deux courbes confondues en une seule aussitôt l'écran enlevé et cela qu'il s'agisse d'un corps métallique ou d'une substance diélectrique.

2. *Conducteur nu radioactivé dans une enceinte riche en émanation avec intervention d'un haut potentiel négatif.* La fig. 7 montre l'action des écrans dans ce cas. Elle se lit d'elle-même sans que nous ayons plus besoin de l'interpréter. L'effet est tout semblable à

celui qui ressort de la fig. 6, la courbe positive est constamment au-dessus de l'autre.

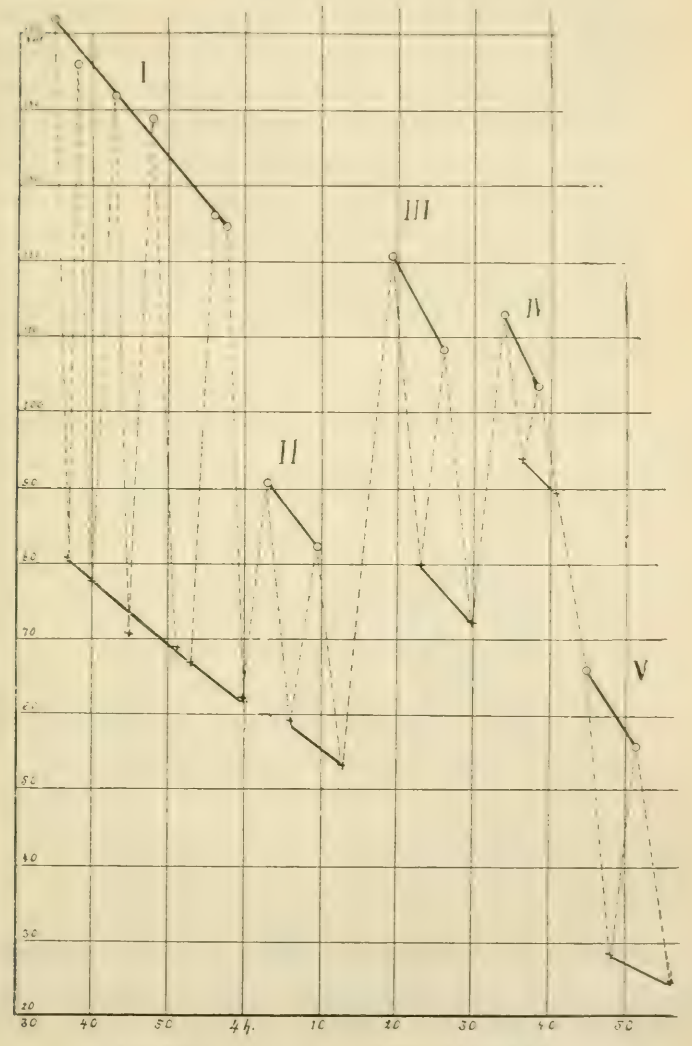


I un écran, 2 mm (1/2 m.). — II un écran, 0,2 mm (2 m.). — III deux écrans, 2 mm et 2 cm (2 m.). — IV un écran, 2 mm (2 m.). — V sans écran (1 m.)

fig. 7.

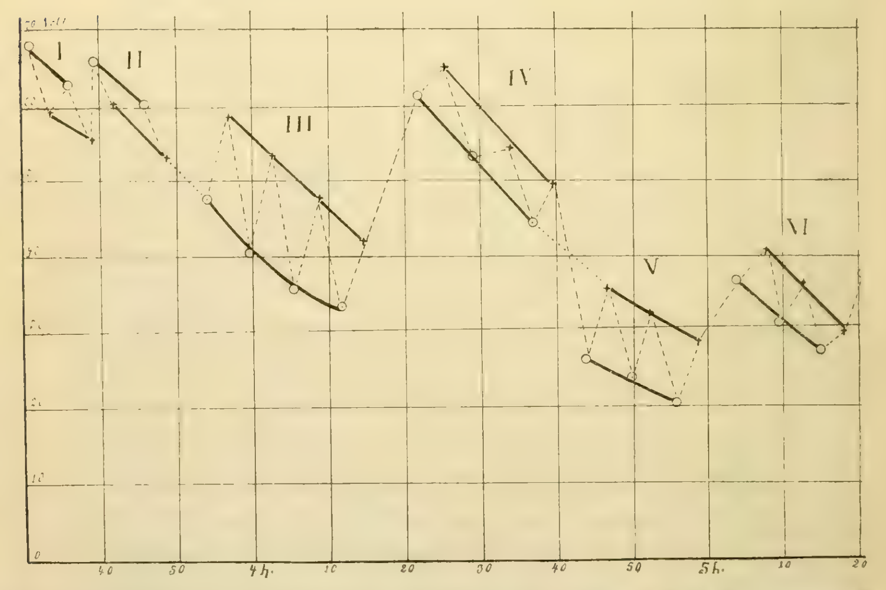
3. *Conducteur recouvert d'une couche diélectrique activé comme le précédent dans une enceinte riche en émanation avec forte charge négative.* L'effet fig. 8 est tout semblable encore, mais renversé, la courbe négative toujours placée au-dessus de la positive correspondante, comme nous l'avions observé dans nos anciennes

expériences qui trouvent ici et leur confirmation et leur interprétation par l'action des écrans en toile métallique.



I un écran, 2 mm (1 m.). — II un écran, 0.2 mm (2 m.).
III deux écrans, 2 mm et 2 cm (2 m.).—IV un écran, 2 cm (1 m.).— V un écran, 2 mm (2 m.)
fig. 8.

4. *Effet de l'interposition de deux écrans au lieu d'un.* — Nous avons constaté à plusieurs reprises que l'interposition de deux écrans au lieu d'un peut modifier la position relative des deux courbes dans le cours d'une même série. Ainsi elle nous a paru amener assez habituellement la courbe négative au-dessus de l'autre, toutes conditions égales d'ailleurs, lorsque l'écran intérieur (le plus rapproché du corps disperseur de l'électroscope) est en toile très fine et que les rayons émis par le corps radioactivé la traversent après avoir passé déjà par un autre écran. C'est ce que montre la fig. 9, qui se rapporte à un fil de cuivre nu radioactivé sans charge électrique.



I deux écrans de 2mm (1 m.). — II deux écrans, 2 cm ext., 2 mm int. (1 m.). — III deux écrans, 2 cm ext., 2cm int. (2 m.)
IV deux écrans de 2 cm (2 m.). — V un seul écran, 2 mm (1 m.). — VI un écran, 2 cm (1 m.)

fig. 9.

Dans les diagrammes I et II, où la grille intérieure est à très petits trous, la courbe négative est dessus, elle est dessous, au contraire, dans III et IV, avec grille intérieure à gros trous. Le même fait s'est reproduit dans d'autres séries analogues.

Mais nous aurons à revoir ce cas de l'interposition de deux ou plusieurs écrans.

Conclusions.

Les résultats de nos expériences peuvent se résumer comme suit :

1° *Un corps quelconque radioactivé sans charge électrique ne donne qu'une seule courbe de désactivation par les dispersions des deux signes ;*

2° *Un conducteur nu radioactivé avec charge électrique donne également une seule courbe ;*

3° *Un conducteur, recouvert d'une couche isolante, activé avec charge négative, donne au commencement deux courbes dont la positive, d'abord très basse, monte rapidement jusqu'à rejoindre la négative pour la suivre ensuite dans sa chute régulière, montrant l'action d'une charge résiduelle négative dans la couche diélectrique ;*

4° *Un conducteur recouvert d'une couche isolante, activé avec charge positive, donne au commencement deux courbes dont la négative, d'abord très basse, s'élève rapidement jusqu'à passer au-dessus de la positive pour marcher ensuite parallèlement avec elle, cette allure de la double courbe montrant l'action d'une charge résiduelle positive dans la couche diélectrique ;*

5° L'interposition d'un écran en toile métallique sur le passage de l'action dispersive produit immédiatement le dédoublement de la courbe de désactivation, la courbe positive se plaçant au-dessus, dans le cas d'un fil métallique nu radioactivé sans charge ou avec charge, ou bien encore dans le cas d'un fil recouvert d'une couche isolante radioactivé sans charge, dessous au contraire, lorsque ce dernier a été radioactivé sous l'action d'une charge négative;

6° L'interposition de deux écrans en toile métallique au lieu d'un peut modifier la position relative des deux courbes; la négative se plaçant habituellement au-dessus de l'autre lorsqu'un écran à mailles très fines se trouve à l'intérieur, soit plus rapproché du corps disperseur de l'électroscope, de façon à recevoir des rayons ayant déjà traversé un autre écran.

INTERVENTION RÉELLE DE L'EAU

DANS

LES PHÉNOMÈNES ÉRUPTIFS

PAR

Armand GAUTIER

Dans un mémoire sur *La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le volcanime*[1], j'ai essayé d'établir l'origine ignée des eaux thermales, et le rôle prépondérant que joue la vapeur d'eau dans les phénomènes éruptifs. M. A. Brun, en diverses notes publiées aux *Archives*[2], s'élève contre cette dernière proposition et, contrairement à ce qui a été dit et admis jusqu'ici par tous les géologues, nie l'intervention sensible de l'eau dans les phénomènes volcaniques. « Les partisans de la vapeur d'eau veulent, dit-il, qu'elle soit amenée ou des profondeurs par génération spontanée de l'hydrogène (c'est l'hypothèse de M. A. Gautier), ou d'une façon quelconque »... « L'eau, conclut enfin M. Gautier, est inutile dans la genèse générale des phénomènes éruptifs... son rôle est quasi nul. »

[1] *Annales des Mines*, mars 1906, p. 316 à 374.

[2] *Archives des sc. phys. et nat.*, 1905, t. XIX, p. 439 et p. 589, 1906, t. XXII, p. 425.

Il ne faudrait pas laisser s'accréditer une telle proposition.

M. Brun tire son principal argument de cette remarque qu'on trouve dans les cratères et les fumerolles des volcans des chlorures anhydres de fer, de magnésium, etc. que l'eau décomposerait si sa vapeur accompagnait celle de ces corps. Il objecte aussi que le fer est au minimum dans les cendres volcaniques alors qu'à la haute température où elles sortent du cratère, la vapeur d'eau, si elle était présente, devrait oxyder les matériaux métalliques de ces cendres et donner des cendres colorées en rouge par oxydation de leur protoxyde de fer.

Il est impossible, quelles que soient les théories, de ne pas accepter les faits ; on ne saurait que les interpréter. Or l'eau sort notoirement des cratères durant les éruptions et quelquefois en quantité si grande qu'elle se condense en pluies abondantes. Fouqué a calculé que dans l'éruption de l'Etna de 1865, à laquelle il assista, il sortait du cratère 11 000 mètres cubes d'eau environ par jour. Dans la dernière éruption du Vésuve (avril 1906) la vapeur d'eau parut à tous les observateurs être en faible proportion ; cependant, un témoin oculaire cité par M. Brun lui-même, M. le professeur Mercalli, dont personne ne contestera l'autorité en ces questions, écrit[1] : « En réalité, la vapeur aqueuse était très abondante ; en se condensant, elle formait avec les cendres des gouttes de boue. » Les projections de boue qui accompagnent souvent les éruptions ordinaires suffi-

[1] La grande Eruzione Vesuviana 1906. *Acad. Rom. nuovi Lincei*, p. 16.

raient pour établir l'erreur de la thèse de M. A. Brun. Avant la sortie des *nuées ardentes* qui, en 1902, détruisirent la ville de Saint-Pierre à la Martinique, des torrents de boue et d'eau, sortis du cratère, avaient quelques jours avant, dévasté la vallée et emporté plusieurs fermes et distilleries.

Aussi, ne pouvant méconnaître tout à fait la présence de la vapeur d'eau dans les gaz et déjections volcaniques, M. Brun admet qu'elle provient pour une part de l'atmosphère et qu'elle se condense autour des fines particules de cendres; que pour une autre part, elle a été empruntée par les laves ascendantes aux couches superficielles du volcan humectées par les eaux de pluie.

M. Brun n'ignore pas que ces laves proviennent, en tout ou partie, de la fusion des roches les plus profondes. Il montre, avec raison, que les cendres et les ponces se forment lorsque ces matériaux rocheux, portés au rouge vif, sont tout à coup le siége de réactions qui dégagent des gaz pulvérisant la matière ou la faisant foisonner Or, j'ai directement établi[1] que, portés au rouge, les matériaux des roches primitives émettent aussitôt leur eau de constitution, qui est de 27 millions de tonnes pour un seul kilomètre cube de granit et de 48 millions de tonnes pour le même volume de porphyre. Il faut bien que cette eau se dégage quand les matériaux rocheux sont ainsi portés au rouge.

M. Brun objecte, il est vrai, qu'on pourrait expliquer sans l'intervention de l'eau dans les profondeurs les dégagements d'hydrogène, d'acides chlorhydrique, d'am-

[1] *Comptes rendus Acad. sciences*, t. CXXXII, p. 60 et 189. *Bull. soc. chim.*, 3e série, t. XXV, p. 408.

moniaque, d'hydrocarbures émis par les volcans; et que ces hydrocarbures, dont il ne nous découvre pas l'origine, suffisent à apporter l'hydrogène nécessaire à la formation des corps précédents.

Ces hydrocarbures existent en effet; je les ai rencontrés (et Bischoff et Delesse les avaient vus avant moi) dans la distillation des roches primitives. Mais 1° ces hydrocarbures ne sauraient sortir tout formés du feu central; en présence des matières métalliques incandescentes ils donneraient des carbures de fer et d'autres métaux et de l'hydrogène; 2° d'autre part, on sait que ces carbures d'hydrogène se produisent par la décomposition des carbures métalliques (toujours présents dans les roches et les laves en faible proportion), au contact de la vapeur d'eau, comme les observations de S. Cloëz, Mendeleeff, Moissan et les miennes l'ont établi. Ces carbures d'hydrogène ne sauraient donc qu'emprunter leur hydrogène à l'eau, au lieu de le lui fournir.

M. Brun objecte, comme preuve principale de l'absence de vapeur d'eau en quantité sensible dans les émanations volcaniques ces dépôts de chlorures anhydres qui se forment dans les cratères et les failles : NaCl, KCl, Fe^2Cl^6, $MgCl^2$, etc., sels dont plusieurs se décomposent, en effet, par la vapeur d'eau, même avant le rouge. Ils ne se décomposeraient point, dit M. Brun, si cette vapeur existait dans les gaz qui apportent ces sels anhydres. Tel est son argument fondamental.

Mais 1° s'il est réel (et je l'ai reconnu dès mes premières publications) que la vapeur d'eau décompose ces chlorures anhydres pour donner des oxydes ou oxy-chlorures correspondants et de l'acide chlorhy-

drique, on sait d'autre part que cette décomposition est modérée ou même empêchée par la présence du gaz chlorydrique. Or, ce gaz est abondant dans tous les dégagements volcaniques, au point que c'est à lui que M. Brun attribue les nuées blanches qui sortent du cratère dans les éruptions. Ce gaz HCl provient surtout de l'action de la vapeur d'eau sur le chlorure de sodium au rouge en présence de la silice[1], et cette réaction, en épuisant en partie la vapeur d'eau et la remplaçant par son volume d'acide chlorhydrique, explique les fumerolles sèches, très riches en gaz chlorhydrique, aptes à déposer les chlorures anhydres observés.

2° Mais si la vapeur d'eau arrive à intervenir en quantités relatives plus grandes (et c'est souvent le cas), la décomposition de ces derniers chlorures sera partielle ou totale. M. Brun objecte donc que si l'eau était présente, suivant la théorie généralement acceptée, il devrait résulter des oxydes ferriques de la décomposition des chlorures de fer, de la periclase (ou oxyde MgO), de celle du chlorure de magnésium. Or, *c'est bien ce qui a lieu*. On a trouvé, en effet, la periclase dans les blocs de la Somma rejetés par le volcan. De même les cendres volcaniques sont tantôt grises, tantôt rougies par l'oxyde magnétique ou par les silicates de fer peroxydé, suivant que prédominent dans les gaz qui accompagnent ces cendres l'acide chlorhydrique ou la vapeur d'eau.

3° J'ai établi qu'une partie de l'eau émise par les roches ou provenant de la combustion de l'hydrogène d'origine centrale, donne avec les chlorures de l'acide

[1] Réaction classique de Gay-Lussac et Thénard.

chlorhydrique, avec les silicates des silicates ferriques et de l'hydrogène libre; avec l'hydrogène sulfuré ou le soufre au rouge, des acides sulfureux et sulfurique; avec les carbures et azotures métallique et métalloïdique des oxydes correspondants, des hydrocarbures, de l'azote et des cyanures. Il ne faut donc pas s'étonner que l'eau qui s'épuise ainsi au cours de toutes ces réactions et bien d'autres encore, arrive à disparaître peu à peu et qu'il puisse se former, en effet, des fumerolles sèches aussitôt que la crise éruptive violente a pris fin.

Cet hydrogène, qui vient des profondeurs ignées et d'où résultera l'eau volcanique, est-il préexistant et sous pression, ou bien résulte-t-il d'une lente transformation d'autres éléments sous l'influence des corps radioactifs? Je n'avais pas à examiner ces hypothèses; mais les faits de la chimie moderne suffisent à expliquer la genèse continue de ce corps.

C'est parceque je connais toute la valeur et l'intérêt des recherches de M. Brun que je lui réponds avec le désir de le convaincre. On ne saurait rester longtemps en discordance sur le terrain expérimental où nous nous sommes l'un et l'autre placés.

QUATRE-VINGT-DIXIEME SESSION

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RÉUNIE A

FRIBOURG

les 29, 30 et 31 juillet 1907.

(Suite et fin[1]*.)*

Géologie.

Président : Dr P. Choffat (Lisbonne).
Secrétaires : MM. Dr L.-W. Collet (Genève).
Dr P. Arbenz (Zurich).

Prof. Alb. Heim. Présentation des dernières publications de la commission géologique suisse. — Prof. A. Baltzer. L'éboulement survenu à Kienthal en mai 1907. — Dr Ern. Fleury. Formation des minerais de fer du Sidérolithique. — Abbé Breuil. Les subdivisions de l'âge de la pierre taillée dans l'Europe occidentale. — Le même. L'évolution de l'art à l'époque du renne. — Dr Paul Choffat. Tectonique de la chaîne de l'Arrabida, dans la bordure mésozoïque de la Meseta. — Prof. E. Chaix. Données complémentaires se rapportant à l'atlas de l'érosion. — Dr Arn. Heim. Parallélisme des divers faciès du Berriasien-Valangien dans les chaînes helvétiques. — Dr Paul Arbenz. Géologie de la région comprise entre Engelberg et Meiringen. — Dr B. Aeberhardt. Les terrasses d'alluvion de la Suisse occidentale. — Prof. M. Lugeon. Sur la géologie des Hautes Alpes. — Dr L.-W. Collet. Sur quelques Parahoplites de l'Albien inférieur du Hanovre. — Dr L. Rollier. Pluies de pierres à Trélex (Vaud). — Dr P. Girardin. A propos du surcreusement glaciaire. — Prof. J. Brunhes. Interprétation nouvelle de l'érosion glaciaire. — Prof. Fr. Mühlberg. La période glaciaire en Suisse.

M. le Prof. Alb. Heim (Zurich) présente à la Société les dernières *publications faites par la Commission géologique suisse*, ce sont :

[1] Voir *Archives*, octobre 1907, t. XXIV, p. 366.

1° La carte géologique au 1:50,000 de la région du Simplon par le prof. C. Schmidt.

2° La carte géologique au 1:25,000 des environs du lac de Wallenstadt par MM. Arn. Heim et J. Oberholzer.

3° La carte géologique au 1:50,000 du territoire compris entre la Blümlisalp et le lac de Thoune par MM. Gerber, Trœsch et Helgers.

4° Le volume IV de la série géotechnique des Mat. pour la carte géol. intitulé « Thonlagerstätten der Schweiz ».

5° La bibliographie géologique suisse, par M. L. Rollier, première partie.

M. le prof. A. Baltzer (Berne), décrit *l'éboulement qui s'est produit en mai 1907, à Kienthal.*

Une première chute de pierres a eu lieu le 10 mai partant d'une première niche d'arrachement et s'arrêtant au pied même de celle-ci.

Un second éboulement est intervenu dans la nuit du 10 au 11 et a donné naissance, à 1 kilom. environ au-dessus de Kienthal, à un cône de débris haut de 15 à 20 m. et représentant un volume de 50,000 m³.

L'éboulement principal a eu lieu pendant la nuit du 11 au 12; il est parti d'une niche d'arrachement postérieure et son cône de débris s'est étendu jusqu'à la Kiene.

Enfin un quatrième éboulement, du reste très peu important et arrêté à une altitude élevée s'est produit le 19 mai.

Le chemin parcouru de la niche d'arrachement postérieure à la Kiene est de 1475 m. avec une dénivellation de 328 m. et une inclinaison variant de 7° à 25°.

Le territoire couvert par l'éboulement est de 73,000 m²; le vide créé dans la niche de 320,000 m³.

La région de départ a une forme irrégulière en fer à cheval et se divise nettement en une niche antérieure et une niche postérieure qui, à elles deux, ont une longueur de 240 m., une hauteur de 210 m. et une profondeur de 7 à 25 m. Le sol en était formé d'éboulis recouvrant de la moraine argileuse et au contact de ces 2 complexes sortaient de nombreuses sources.

L'écoulement s'est fait par le ravin profond de l'Erlibach, dont la pente est de 7°, 9°, 11° 20° et qui a été rempli momentanément jusqu'à 12 m. au-dessus de son fond.

Le cône de débris est formé surtout de fragments rocheux, dont quelques-uns atteignent de très grandes dimensions; il ne contient qu'une proportion faible de boue.

La cause de l'accident a résidé évidemment dans une imprégnation de la moraine de fond par les eaux d'infiltration et dans un glissement de cette moraine ainsi ramollie avec l'éboulis qu'elle supportait sur les couches incurvées en C du Höchst. Le phénomène ne doit pas être assimilé à une coulée de boue déterminée par l'Erlibach vu la forte prédominance des matériaux pierreux; il ne s'est formé aucun lac de barrage et le torrent de l'Erlibach n'a été arrêté que pendant 9 heures.

D'après l'état actuel de la niche d'arrachement, il y a là non un simple glissement de la moraine sur la roche en place, mais bien une rupture de la première. L'écoulement s'est fait ensuite assez tranquillement pour que les sapins et la neige qui couvraient la sur-

face soient restés jusqu'en bas à la partie supérieure ; quelques gros blocs furent pourtant précipités de côté. La masse éboulée est franchement délimitée sur son front à la façon d'une avalanche de fond.

M. Ern. FLEURY (Laufon), fait une brève communication préliminaire sur les *dépôts sidérolithiques du Jura* et sur leur mode de formation. Il renvoie pour les détails à une publication qu'il compte faire paraître prochainement.

M. L'abbé BREUIL (Fribourg), présente à la Société une *collection d'objets travaillés de l'âge de la pierre taillée* provenant de l'Europe occidentale, qu'il a réunie dans le musée de Fribourg dans le but de donner un aperçu sur les découvertes faites en France, en Espagne, etc.

Cette collection comprend une série de silex choisis. qui donne l'impression des modifications successives subies par l'outillage des hommes paléolithiques ; ce sont d'abord les grossiers outils amygdaloïdes des assises profondes avec les balastières de Picardie et du N. de la France, œuvre de l'homme contemporain du Rhinoceros Mercki, de l'Hippopotame et de l'Elephas antiquus. Puis l'outillage se perfectionne dans les assises limoneuses et sableuses qui recouvrent les premières, tandis que la faune du climat chaud cède peu à peu la place à la faune du Mammouth. La taille des rognons siliceux s'allège, les éclats se substituent aux outils massifs, c'est, après l'Acheuléien, le Moustérien avec ses poinçons et ses racloirs.

Puis avec l'âge du renne l'évolution de l'outillage

se précipite ; l'os, utilisé à la fin du Moustérien, est laborieusement taillé avec des outils en silex très variés: burins de divers types, grattoirs, poinçons, etc... ; chaque niveau est caractérisé par des formes de silex nouvelles et on remarque en particulier un perfectionnement de la science de la taille de la pierre et un affinement de la retouche.

L'outillage osseux, fait d'abord d'un simple os appointi, évolue progressivement jusqu'à la sagaie fine et acérée, au harpon barbelé, aux aiguilles minces et délicates.

L'art de la sculpture puis de la gravure s'ébauche timidement dans la première moitié de l'âge du renne, pour aboutir dans le Magdalénien proprement dit, à une merveilleuse floraison, dont une série de moulages réunis à Fribourg donne une idée.

Avec la disparition du renne l'art paléolithique entre en pleine décadence, c'est l'époque des galets coloriés et des harpons plats; puis viennent les *palafitteurs* et leur civilisation nouvelle.

Les collections réunies par M. Breuil permettront de suivre avec facilité cette évolution de l'industrie primitive.

M. L'abbé Breuil (Fribourg), parle de *l'évolution de l'art à l'époque du renne.* Les cavernes ornées de peintures ou de gravures murales sont actuellement au nombre de 27, presque toutes situées dans le Sud-Ouest de la France (Dordogne et Pyrénées) et dans la province Cantabrique de Santander. Elles appartiennent toutes à une seule civilisation, l'époque paléolitique récente, mais les dessins qu'elles contiennent se rapportent à tous les moments de cette civilisation, qui

a duré un temps considérable. — On peut établir que certaines gravures murales appartiennent au début de l'âge du renne, parce que des assises archéologiques des premiers temps de cette époque les ont recouvertes et enterrées. — On peut également constater que la fréquentation d'une caverne a duré un temps très court, et n'a pu se renouveler à partir d'un certain moment, par exemple à cause de l'obturation de l'entrée par voie d'effondrement. D'autre part, dans les cavernes à peintures longtemps occupées, on peut établir, par un examen attentif, l'âge relatif des diverses œuvres picturales, lorsque celles-ci arrivent à se superposer sur une même surface ; en effet, cette superposition se fait dans un ordre constant ; certains dessins étant régulièrement recouverts par tous les autres. La comparaison des séries de dessins des diverses grottes rangées ainsi par ordre chronologique, permet de conclure qu'il ne s'agit pas seulement d'un fait tout local, mais bien d'un mouvement général de développement, s'étendant à toute la région artistique.

Les séries des gravures et des peintures se développent parallèlement, mais au début, elles sont séparées ; à la fin, la gravure est surtout un auxiliaire de la peinture, et les gravures isolées ne sont plus que de légers graffitis.

La peinture débute par des images de mains, faites, comme chez les Australiens actuels, en jetant de la poudre rouge sur une muraille où se plaquait une main humaine ; celle-ci retirée, la silhouette en ressortait cernée de couleur.

Les premiers dessins gravés sont simplement des spires, des entrelacs, où rarement se distinguent des

rudiments de formes animales. Les dessins incisés qui leur succèdent ont des silhouettes extrêmement raides et frustes ; puis le trait devient plus savant, la silhouette mieux étudiée ; enfin, le dessin gravé ne sert plus guère qu'à établir le substratum des fresques, et à faire de nombreux et légers graffitis. Durant ce temps, le dessin en couleur, au trait rouge ou noir, subit un développement analogue, depuis de simples tracés linéaires, jusqu'à des silhouettes monochromes très bien modelées (comme au fusain). Ensuite, après un court moment où l'abus de la couleur amène l'abolition du modelé par les teintes plates s'étendant à tout l'animal, l'usage simultané de plusieurs couleurs s'introduit ; c'est la dernière période de l'art figuré quaternaire. Mais à cette dernière phase il a un léger prolongement, dans la survivance de motifs stylisés, ou géométriques ; on en trouve dès l'origine des fresques, mais le nombre et la variété s'en est accrue au fur et à mesure qu'on s'approchait de la fin.

Telles sont, rapidement indiquées, les diverses étapes de l'évolution de l'art quaternaire. Les termes successifs de cette évolution peuvent être considérés comme fort éloignés les uns des autres, et l'on pourrait à juste titre rapprocher ce développement de celui qui part de la civilisation Minoenne (Mycénienne) et aboutit à la belle époque grecque, puis au style byzantin.

M. le Dr P. Choffat (Lisbonne) présente une communication sur la *tectonique de la chaîne de l'Arrabida dans la bordure mésozoïque de la Mezeta.*

Cette chaîne, qui présente à son pied une ligne de grandes profondeurs bathymétriques, n'est que le bord N. E. d'une chaîne plus étendue, effondrée dans l'Océan.

Elle est formée par trois lignes de dislocations orientées de l'Ouest à l'Est et se succédant en retrait du Sud-Ouest ou Nord-Est.

Les composants de la *ligne méridionale* sont coupés longitudinalement par l'Océan, sauf trois accidents transversaux : ce sont deux horst inclinés l'un vers l'Ouest et l'autre vers l'Est, et la vallée tiphonique de Cezimbra, dont le noyau est formé par l'Infralias à faciès de Keuper, et les flancs par la partie moyenne du Malm. Des filons et dikes de roches teschénitiques parallèles aux dislocations, sont fréquents dans les environs de Cezimbra. Il semble y avoir eu un deuxième siége d'éruptions à l'Ouest du cap d'Espichel.

Cette ligne présente en outre de nombreuses dislocations transversales, dont quelques-unes traversent toute la chaîne.

La 2e *ligne de dislocations* commence au Nord de l'extrémité orientale de la 1re et ne contient que deux anticlinaux.

Celui du Formosinho est un pli couché vers le Sud, avec étirement local des strates du jambage méridional tandis que l'anticlinal du Viso a, au contraire, le jambage sud plus régulier que le jambage nord, contrairement à tous les autres accidents.

Cette 2e ligne présente quelques lambeaux de Tertiaire (Oligocène et Miocène), qui permettent de constater un ploiement du Jurassique antérieur au dépôt de l'Helvétien supérieur, qui repose sur la tranche des strates jurassiques, redressées et trouées par des coquilles perforantes.

La 3e *ligne de dislocations* est formée à l'ouest par un noyau de dolomies liasiques (Serra de Saô Luiz)

large et élevé, se réduisant brusquement, du côté oriental, en une bande irrégulière, ou plutôt en un chapelet étroit, d'une altitude bien inférieure à celle du noyau occidental.

Ce noyau liasique ayant par places à sa base des lambeaux d'Infralias, repose sur une mince bande de Malm supérieur, et celui-ci sur le Tortonien du jambage nord de la 2e Ligne de dislocations.

Le noyau lui-même paraît régulier à l'extrémité occidentale, où il est recouvert par des lambeaux de Bathonien, mais à l'extrémité orientale, un ravin permet de voir qu'il est composé de deux accidents longitudinaux juxtaposés : une voûte, et une sorte de toit formé par le Lias, dont les strates se succèdent normalement. Ce toit s'avance par dessus le Malm supérieur qui repose sur le Tortonien.

Enfin, à l'extrémité orientale (Palmella), se trouve une écaille de Miocène, à strates plongeant vers le Nord, qui a glissé du Nord au Sud par dessus les tranches redressées des terrains plus anciens.

Cette 3e ligne nous montre donc des dislocations post-tortoniennes et on peut en déduire que l'affaissement et les fractures qui limitent les bassins du Tage et du Sado leur ont immédiatement succédé. Elles seraient probablement contemporaines des fractures qui forment le goulet du Tage, le détroit de Gibraltar et la faille du Guadalquivir.

L'obstacle contre lequel se sont butés les plis de l'Arrabida est actuellement recouvert par l'Océan, mais je crois qu'il en reste quelque chose dans les affleurements dévoniques des environs de Palma, qui forment des ilots entourés d'Oligocène et de Miocène redressés.

et se trouvent sur le prolongement d'une ligne de hauteurs relatives, traversant la pénéplaine de l'Alemtejo jusqu'à Elvas.

M. le Prof. Em. CHAIX (Genève) montre l'utilité qu'il y aurait à élaborer un *atlas général de l'érosion* dans lequel seraient précisés, suivant un accord à intervenir, les nombreux termes se rapportant à ce sujet et dans lequel chaque forme créée par l'érosion ou la corrosion serait figurée et décrite en détail.

M. le Dr Arnold HEIM (Zurich), traite de la question du *parallélisme des divers faciès berriasiens-valangiens* existant dans les chaînes à faciès helvétique.

Lorsqu'un sédiment ne contient pas de fossiles ou seulement des restes d'organismes benthoniens, il faut recourir pour déterminer son âge à la méthode de la lithologie comparée. Ce moyen a été jusqu'ici peu employé dans les Alpes suisses et la méthode paléontologique a causé bien des erreurs, parce qu'on a employé à faux pour les parallélismes des fossiles de faciès.

Le calcaire valangien est directement recouvert au Pilate par une couche contenant une riche faune de Céphalopodes et marquant ainsi un niveau stratigraphiques précis (Gemsmättlischicht), le Valangien supérieur. Elle est recouverte dans les Churfirsten, au Säntis, etc., par la couche à Pygurus rostratus. Dans les chaînes d'origine plus méridionale, elle fait défaut. Plus au N. elle n'est représentée que par une brèche à Echinodermes.

Le calcaire valangien à silex (Valangien moyen) se suit des Churfirsten à l'Alvier. Dans l'E. des Churfirsten

et au Rädertenstock (Kloenthal) il passe latéralement à un calcaire jaunâtre plaqueté ou même schisteux, qui contient des Aptychus et *Pygope diphyoïdes*. C'est le faciès bathyal du Valangien moyen, qui a toujours été désigné jusqu'ici comme calcaire berriasien.

Au-dessous viennent les marnes valangiennes à *Exog. Couloni*, qui correspondent au Valangien inférieur ou zône à Bel. latus. Elles augmentent d'épaisseur vers le S., tandis que vers le N., soit dans les nappes inférieures, elles s'effilent et disparaissent ; ainsi le faciès littoral à ostracés passe latéralement à un faciès bathyal pauvre en fossiles.

Le calcaire de l'Oehrli, qui au Säntis supporte les marnes à Exog. Couloni, a été classé jusqu'ici dans le Valangien inférieur. Cependant il occupe une position analogue à celle du marbre bâtard berriasien du Jura neuchâtelois. Il existe dans toutes les nappes inférieures, tandis qu'il disparaît dans les chaines d'origine plus méridionale, où prédomine le faciès bathyal.

Les marnes de l'Oehrli ou « marnes valangiennes inférieures » doivent être placées avec les calcaires de l'Oehrli dans le Berriasien. Elles s'effilent et disparaissent vers le N., tandis qu'elles prennent vers le S. une énorme épaisseur (500 m.). Ainsi les schistes de Balfries ne sont pas autre chose que le faciès bathyal des marnes valangiennes et du Berriasien.

Sous les marnes de l'Oehrli et les schistes de Balfries commence le Tithonique avec sa faune caractéristique de Perisphinctes.

Si nous envisageons maintenant dans leur ensemble les sédiments considérés ci-dessus, nous constatons l'existence dans les chaînes à faciès helvétique de 2 types extrêmes :

1° Le faciès originellement septentrional ou faciès du Mürtschenstock, caractérisé par sa faible épaisseur et par la prédominance des calcaires zoogènes à polypiers, Nérinées, Requienies, etc., soit par sa nature littorale.

2° Le faciès originellement méridional ou faciès de l'Alvier-Drusberg, dans lequel la série infracrétacique devient très épaisse et essentiellement terrigène ; c'est un faciès bathyal à Céphalopodes.

A l'époque berriasienne-valangienne la mer était largement ouverte au S., limitée au N. ; elle s'étendait des Alpes jusqu'au Jura occidental dans un géosynclinal très nettement accusé. Donc plus une nappe est élevée, plus son origine est méridionale et plus, par conséquent, les sédiments se sont déposés dans une zône profonde du géosynclinal alpin.

Voir pour plus de détails dans la *Vierteljahrsschrift der naturf. Gesell.*, Zurich, Jahrg. 52 : « Gliederung und Facies der Berrias-Valangien-Sedimente in den helvetischen Alpen. »

M. le Dr P. Arbenz (Zurich), présente à la société une notice préliminaire qu'il a consacrée à la *géologie des chaines comprises entre Engelberg et Meiringen* (Voir *Eclogæ*, vol. IX, fasc. 4, p. 464, 1907).

La série sédimentaire autochtone, qui recouvre la bordure septentrionale du massif de l'Aar et forme la chaîne du Titlis avec la zône éocène du Surenenpass, du Jochpass et du Genthal, est surmontée vers le N par un système compliqué de nappes dans lequel on peut distinguer :

1° La nappe du Jochpass à laquelle appartient, outre la région du Jochpass et le versant S du Graustock, le territoire du Scheideggstock au NW d'Engelberg.

2° La nappe de l'Erzegg.

3° La nappe du Hochstollen.

4° La nappe du Brisen et du Drusberg.

Les 3 premières nappes sont intimément liées entre elles ; elles prennent la forme de grands plis couchés, dont les charnières et souvent les jambages renversés sont conservés, et dont la largeur de recouvrement est de 6 à 10 kilom. Tandis qu'elles sont formées essentiellement de terrains jurassiques, la nappe du Brisen comprend surtout des formations crétaciques et l'on pourrait se demander si les nappes 3 et 2 ne représentent pas les noyaux jurassiques de la nappe 4 restés en arrière.

Au point de vue stratigraphique le territoire étudié offre des variations importantes. L'auteur cite comme faciès intéressant un calcaire lumachellique du Trias supérieur, qui existe au Jochpass et à l'Engstlenalp et qui parait devoir être envisagé comme Rhétien, puis un niveau à ammonites avec *Ludwigia costosa* Qu., qui se trouve à la base du Dogger du Jochpass et enfin la zône à subfurcatus d'Engstlen, très riche en fossiles, qui avait été signalée par Stutz, mais négligée depuis lors.

Le Dogger montre du reste des variations importantes, qui s'expliquent facilement par la tectonique. Dans la zône du Jochpass et au Scheideggstock, il est peu épais et a une composition analogue à celle de la série autochtone. Dans les nappes plus élevées il augmente progressivement d'épaisseur, comme le fait du reste aussi le Lias. Au Hohenstollen, le Dogger moyen, équivalent du calcaire spathique et de la brèche échinodermique, atteint une puissance de 430 m. et la brèche échinodermique est remplacée par un caclaire

grenu, siliceux et bien stratifié qui contient par places, en particulier au Haslerberg, des Zoophycos, et qui montre une analogie évidente avec le faciès du Dogger des Préalpes et des Klippes. L'Oxfordien et les schistes argoviens augmentent également d'épaisseur dans les nappes supérieures, soit originellement du N au S, tandis que le Malm subit dans la même direction une réduction. Il semble que le faciès calcaire soit remplacé vers le S au niveau de l'Argovien et du Tithonique par un faciès plus vaseux.

M. le Dr B. Aeberhardt (Bienne), fait une communication concernant *les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale.*

Le travail de Du Pasquier, dans cette partie de la Suisse, s'arrête aux moraines terminales de Wangen. Cependant il est possible de suivre la basse terrasse avec ses caractères par Soleure, Lyss, Kerzers, la vallée de la Sarine, le voisinage de Fribourg, de Corpataux et la Gruyère jusqu'à Montbovon. Les alluvions sont partout encadrées par la haute terrasse ou la molasse et suivent, à quelques exceptions près, le cours actuel de la Sarine et de l'Aar. Elles sont recouvertes par la moraine de fond de la dernière glaciation et reposent sur la moraine de fond de l'avant dernière glaciation.

On peut de même suivre la haute terrasse, en amont de Brugg, par Aarau, Niederbuchsiten, Arch, le Büttenberg, le Jensberg, Schüpfen, Berne, Im Forst. Filistorf, Fribourg, Corpataux, Broc sur une distance de 160 km. Les matériaux présentent tous les caractères d'alluvions de grandes rivières. Ces alluvions sont encadrées par la molasse et suivent presque partout le cours

des rivières actuelles. A en juger par la largeur de la vallée dans laquelle elles reposent, vallée deux fois plus large environ que celle de la basse terrasse, comme aussi par leur pente générale de 2 $^{0}/_{00}$, on peut admettre que la vallée dans laquelle elles se sont déposées était bien vieille. Elles gisent sur le roc en place, sans interposition de moraine de fond et cela à une hauteur au-dessus du lit actuel de la rivière qui, suivant les régions, varie de 34 m. à Broc à 120 m. à Laupen (elle augmente au voisinage de la région surcreusée du pied du Jura) Les matériaux dont elle est formée n'ont rien à voir avec les matériaux transportés par le glacier du Rhône. Les deux terrasses sont des formations d'âge probablement interglaciaire.

M. Maurice Lugeon (Lausanne), fait part d'un certain nombre de faits nouveaux concernant la *structure des Hautes-Alpes calcaires berno-valaisannes.*

1° Dans la vallée de la Liserne, on peut suivre le Nummulitique qui recouvre les plis du massif de Morcles jusqu'à Ardon, où il apparaît, dans la gorge, à un demi-kilomètre en amont de cette localité, en *fenêtre* sous l'Urgonien d'un anticlinal culbuté. De grandes masses calcaires existent dans cette vallée. Elles sont urgoniennes et non jurassiques. Aussi aux deux anticlinaux de Mont-bas, décrits par Renevier, il y a lieu d'en ajouter deux autres plus méridionaux, de telle sorte que le massif de Morcles est absolument indépendant de la nappe des Diablerets, qui le recouvre, jusqu'à la vallée du Rhône.

La nappe des Diablerets, y compris celle du Wildhorn, qui n'en est qu'une digitation supérieure, serait

très probablement la couverture sédimentaire du massif du Mont-Blanc qui se termine près de Charrat.

2° Le versant nord du col du Sanetsch présente une faille transversale normale, dont le rejet est de 3 à 500 mètres. Cette faille disparaît au sud du col. C'est la lèvre occidentale qui est affaissée. Cette faille principale est accompagnée de cassures secondaires parallèles ayant joué dans le même sens.

Grâce à cette fracture, qui nous indique un affaissement considérable de la région à l'ouest du versant nord du Sanetsch, un fragment de la nappe des Diablerets, sous la forme de grès de Taveyannaz, réapparait près de Gsteig, sur le versant droit de la Sarine, au pied de la première paroi de la montagne, au sud de cette localité.

Un chevauchement important passe dans le flanc du Spitzhorn. Sa partie frontale forme le Klein-Hörnli.

3° La nappe la plus supérieure des Hautes-Alpes calcaires, celle qui participe à la structure des Préalpes internes, repose sur du Crétacique, à partie de la chaine de Cretabessa vers le sud. M. Lugeon a suivi ce Crétacique, sous la forme d'une étroite bande, jusqu'à la vallée du Rhône, entre Ardon et Vétroz. Ce Crétacique existe très probablement dans les zônes monoclinales sous la Pierre à Voir (rive gauche du Rhône).

Les racines des nappes Diablerets-Wildhorn, n'ont guère, de ce fait, que 5 à 600 mètres d'épaisseur aux environs d'Ardon.

4° Les couches de Wang de la chaîne Cretabessa sont en discordance photographiable sur le Sénonien et le Gault.

5° La bande triasique que l'on poursuit très discontinue de la Balletière vers Drônes sur Sion et Cran près

Montana est en faux synclinal dans les schistes aaléniens. Cette bande triasique, accompagnée de Rhétien, n'a pas racine en profondeur ; elle surnage. Sa racine est à chercher probablement dans la zône triasique Sion-S[t]-Léonard.

6° Le Carbonifère existe très pincé dans la colline de la Poudrière près de Sion ; ce même terrain est très bien représenté près de S[t]-Léonard. Comme on sait que la zône des schistes lustrés de la rive droite du Rhône chevauche sur les Hautes Alpes calcaires, ce Carbonifère lie cette zône avec les nappes des Alpes pennines signalées par Lugeon et Argand.

On ne saurait donc voir de « cicatrice » dans le vallée du Rhône, selon l'hypothèse émise dernièrement par M. C. Schmidt.

M. le D[r] Léon W. Collet (Genève), fait une communication sur *quelques espèces nouvelles de Parahoplites de l'Albien inférieur du Hanovre.*

Ces espèces nouvelles, les unes à côtes plus ou moins fléxueuses, les autres à côtes bituberculées, rentrent dans le groupe du *Parahoplites Nolani* Seunes sp. ; ce sont : *Parahoplites Jacobi* nov. sp. = *Parahoplites cf. Nolani* Jacob., *Parahoplites Sarasini* nov. sp. = *Acanthoceras Milletianum* d'Orb. sp. var. *nodosicostata* Fritel, *Parahoplites hanovrensis* nov. sp. L'origine de ces *Parahoplites* de l'Albien doit être cherchée dans le *Hoplites Gargasensis* d'Orb. sp. et plus loin dans le *Hoplites Thurmanni* Pictet du groupe de *Hoplites neocomiensis* d'Orb. sp.

Pour plus de détails voir *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist nat. de Genève*, vol. XXXV, fasc. 3.

M. Louis Rollier (Zurich) décrit *une pluie de pierres survenue à Trélex (Vaud) le 20 février 1907.*

Ce phénomène très rare, qui rappelle ceux de Pel-et-Der (Aube) et de Broby (Suède), s'est produit à Trélex sur Nyon le 20 février 1907, à 5 h. $^{1}/_{4}$ du soir par un orage de neige et de grésil accompagné de cinq coups de tonnerre. De petits cailloux de quartz laiteux de la grosseur d'un pois et d'une noisette ont été observés dans leur chûte et ramassés au moment où ils rebondissaient sur le pavé. Ils ont été transmis par l'instituteur et le pasteur de Trélex. Une comparaison avec de petits galets de quartz laiteux des gravières de Trélex, ou ramassés dans les champs, montre qu'il n'est pas possible d'établir une différence rigoureuse entre les pierres de la chûte et les cailloux quaternaires. Toutefois, les petits galets des gravières sont très souvent recouverts de croûtes plus ou moins grandes de travertin et les galets de quartz y sont beaucoup moins nombreux que les calcaires.

Toutes les pierres recueillies pendant la chûte sont au contraire dépourvues de travertin, et elles sont toutes de la même espèce minérale, le quartz laiteux. Il faut admettre qu'elles ont été enlevées par une attraction électrique dans une région où les galets de quartz laiteux constituent la majorité des éléments minéralogiques de la surface du sol, par exemple au bord de la Méditerranée (Iles d'Hyères) ou même sur la Meseta espagnole. L'analogie avec la chûte de Broby est assez grande, sauf que les pierres de Trélex sont des galets arrondis et non pas des fragments anguleux; en outre ils n'étaient pas inclus dans de gros grêlons. Les pierres tombées à Pel-et-Der étaient des fragments

de calcaire lacustre de Château-Landon (Seine et Oise), ayant accompli un trajet aérien de plus de 150 kilom.

M. Paul GIRARDIN (Fribourg), considérant le *surcreusement glaciaire* comme un fait désormais démontré, mais croyant devoir attribuer ce phénomène au moins en partie aux torrents sous-glaciaires, a cherché à définir exactement la nature du travail effectué sous le glacier et la part qui en revient d'un côté à la glace elle-même, de l'autre aux eaux qui en sortent. Il a eu l'idée d'utiliser dans ce but le retrait considérable effectué dans ces dernières années par la plupart des glaciers, et qui a laissé à découvert devant les fronts actuels des « laisses » glaciaires de 1000 à 1200 m. de longueur, dont les formes ont conservé toute leur fraîcheur. Il a effectué en particulier un lever au 1:5000 du glacier du Bézin en Maurienne, situé entre 2800 et 3000 m., et qui a l'avantage que, n'étant pas dominé par des pentes rapides, le « Gletscherboden » n'a pas été envahi par des masses détritiques au fur et à mesure du retrait.

Le Gletscherboden, qui comprend 3 lacs dans l'erratique et une moraine terminale en forme de jetée, est divisé par une échine rocheuse longue de 300 m. en deux thalwegs parcourus chacun par un torrent glaciaire. Le thalweg de gauche aboutit au col de Bézin (2950 m.); celui de droite doit se trifurquer en 3 vallonnements, qui aboutissent à 3 dépressions de la crête séparant le glacier de Bézin de celui des Roches: c'est donc un thalweg ramifié et l'action du glacier, grâce à la concentration des eaux de fonte dans un petit nombre de rigoles, a été d'approfondir celles-ci rapidement et partant de les fixer.

Il est rare qu'un glacier ne possède pas 2 ou 3 émissaires qui, divaguant sur le Gletscherboden, se rejoignent par des bras multiples ; mais l'observation devient particulièrement intéressante, lorsque 2 émissaires sont séparés par une butte rocheuse et ne se rejoignent pas ou seulement beaucoup plus bas, creusant simultanément 2 gorges indépendantes, comme par exemple au glacier des Rhêmes en Tarentaise, ou au glacier de Saint Sorlin dans les Grandes Rousses. Des 2 torrents qui sortent de ce dernier à 300 m. l'un de l'autre, l'un s'écoule vers la Romanche dans l'Oisans, l'autre par le torrent des Arves vers l'Arc en Maurienne.

D'une façon analogue le glacier de Zanfleuron (Diablerets) donne naissance à la fois à la Sarine, sous-affluent du Rhin, et à la Morge, affluent du Rhône et c'est la butte de roche en place qui forme en ce point la ligne de partage des eaux. La Sarine sort à même du glacier; le bras de la Morge se fraie un passage au travers des moraines du milieu du siècle dernier et le fait de sa bifurcation est particulièrement apparent aux époques d'extension maximum du glacier.

Les ruptures de pente qui existent au bas des cirques glaciaires secondaires, qui paraissent ne pas concorder avec l'idée que ces cirques ont été façonnés par le réseau ramifié des torrents glaciaires, n'ont pas toujours existé; elles ont été créées et exagérées pendant les glaciations successives ; l'émissaire du glacier principal, disposant d'une plus grande masse d'eau, a effectué plus rapidement son creusement que ses affluents, qui doivent donc le rejoindre par des cascades ou par des gorges, si la descente sur place est plus avancée. Ainsi le cirque

secondaire reste suspendu à une plus ou moins grande hauteur par rapport au glacier principal.

Le travail de la glace elle-même se traduit sur les échines rocheuses par la mise en évidence des lignes de moindre résistance, diaclases longitudinales et joints transversaux. Les profils en longueur sont continus et dans le sens de la pente; les profils transversaux sont en escalier et à angles droits : la roche a été enlevée par éclats, de telle façon que les vides ainsi créés ont des formes régulières de solides géométriques.

M. le prof. J. Brunhes (Fribourg), expose la notion nouvelle qu'il s'est faite de l'érosion glaciaire : il montre la difficulté qu'il y a à se figurer un approfondissement notable déterminé uniquement par le glacier. La question lui paraît beaucoup simplifiée, si l'on fait intervenir dans le travail du creusement les eaux-sous-glaciaires. Celles-ci ont dû en effet créer plusieurs canaux d'écoulement irrégulièrement parallèles et de plus en plus profonds, entre lesquels subsistaient des dos d'âne plus ou moins considérables. Ceux-ci ont été naturellement attaqués par le glacier lui-même, arrondis, abaissés, parfois même supprimés. Cette notion permet d'expliquer les formes particulières caractéristiques pour l'érosion glaciaire ; elle tient compte très simplement de la présence au milieu de certaines grandes vallées de ces môles arrondis à base elliptique, dont le Belpberg est un exemple typique : elle est en outre fondée sur de nombreuses observations faites au front des glaciers actuels, où l'on voit en effet très fréquemment une bosse médiane de roche en place délimitant 2 sillons latéraux d'écoulement des eaux sous-glaciaires.

En fin de compte, après une analyse détaillée de tous ces faits morphologiques, M. Brunhes a résumé comme suit sa manière de voir :

En toute justice on a raison d'opposer le modelé glaciaire et le modelé fluvial ; mais leur opposition ne peut pas être expliquée d'une manière simpliste par la seule opposition entre les méthodes de creusement par les eaux et les méthodes d'arrachement puis de polissage par la glace. L'érosion par les eaux courantes, avec ses modes propres et bien connus, et notamment avec sa tactique tourbillonnaire, intervient pour une importante part dans le travail d'ensemble du glacier ; toutefois cette action des eaux courantes est d'abord dirigée et commandée par le glacier ; elle est en second lieu complétée et parachevée par la glace. Il y a donc bien une morphologie glaciaire et une érosion glaciaire ; mais les traits distinctifs de cette morphologie et de cette érosion sont dus en très grande partie à une *discipline* spéciale de l'érosion torrentielle et fluviale, *discipline* qui résulte du glacier et qui se trouve liée à sa présence et à son activité.

M. le prof. Fr. Mühlberg (Aarau) a fait une conférence sur la période glacaire dans les régions subalpines, dans laquelle il a montré l'extension prise par chacune des 5 glaciations qu'il distingue. Il a traité de la question des climats qui ont régné successivement pendant les phases glaciaires et les phases interglaciaires qui les ont séparées, puis pendant les temps postglaciaires, et à fait ressortir l'influence que ces conditions météorologiques diverses ont dû avoir sur la répartition des animaux et des plantes jusqu'à l'époque actuelle.

Botanique.

Président : M. le Prof. TRIPET (Neuchâtel).
Secrétaire : M. le Dr W. RYTZ (Berne).

Jean Brunhes. Le sens de torsion des arbres. — Dr Carl Hager. Forêts d'aroles et de pins de montagne de la région du Lukmanier. — Ed. Fischer. Biologie du genre Gymnosporangium des Urédinées. — Paul Jaccard. Distribution de la flore dans la prairie subalpine. — F. Urech. Un cas rare de tige d'ortie envahie par Puccinia Caricis. — M. Rikli. Observations phytogéographiques sur la flore du Lægern. — Dr G. Senn. Chromatophores de quelques plantes vasculaires dépourvues de chlorophylle. — A. Ursprung. Rôle joué par des cellules vivantes dans l'ascension de la sève.

M. le prof. Jean BRUNHES (Fribourg). *Le sens de torsion des arbres.*

Le sens de rotation des tourbillons atmosphériques est d'une manière prédominante le sens inverse des aiguilles d'une montre dans l'hémisphère Nord ; il est de sens contraire dans l'hémisphère Sud. Les observations de mon frère M. Bernard Brunhes, directeur de l'observatoire du Puy du Dôme, et les miennes propres, ainsi que les expériences ingénieuses de M. le prof. Maillart, de Lausanne, ont prouvé qu'il en était des tourbillons d'eau courante comme des tourbillons atmosphériques. C'est sur ces entrefaites que le géologue belge, M. Van den Broeck, m'a signalé une identique prédominance de sens de torsion des arbres et a posé le premier la question : peut-on rattacher également ce fait à la force centrifuge composée résultant de la rotation de la terre ? Après avoir moi-même constaté cette prédominance (ne pas confondre ce fait de simple prédominance avec un fait organique absolu comme le sens d'enroulement des plantes volubiles) de 1904 à

1907, j'ai publié un court article dans la *Nature* du 6 juillet 1907, en l'illustrant de deux photographies du magnifique marronnier de M. de Gottran, à Misery, près Fribourg ; et j'ai posé la question aux botanistes : « voilà le fait, voulez-vous l'étudier, et si possible nous l'expliquer ». A la demande de quelques-uns des botanistes ici présents, je pose oralement la question que j'ai déjà posée par écrit.

M. le Dr Carl HAGER (Dissentis) parle des *forêts d'aroles et de pins de montagne de la région du Lukmanier*. Cette région offre, en effet, de beaux restes de groupements naturels de *Pinus Cembra* et *P. montana*. Le foyer principal de ces Conifères se trouve aux environs de Casaccia (1819 m.) dans le val Sta-Maria, au delà du col et sur territoire tessinois. Il occupe une superficie mesurant 4 km. en longueur sur une largeur oscillant entre 300 m. dans le fond de la vallée et 2 $^1/_4$ km. à la limite supérieure des arbres, soit à 2160 m. d'altitude du côté oriental et à 2110 m. du côté occidental de la vallée. Ce sont des groupements clairsemés (Parklandschaft), où l'arole, le pin de montagne ou le mélèze prédominent tout-à-tour. Ces arbres semblent être indifférents à la nature du sol qui est assez variable dans la région.

Pinus montana se présente sur le galet du fond de la vallée sous sa variété *pumilio* avec toutes les formes de passage qui la relient à la variété *uncinato-rotundata*. Cette dernière variété domine dans le reste de la région. Le pin de montagne se voit le plus souvent en haute futaie, offrant parfois des formes bizarres en candélabre ou déjetées par le vent, parfois aussi le « lusus »

erecta. Dans le fond sablonneux de la vallée, on observe quelques « Geissfœhreli » ainsi que des états voisins de la forme *mughus* Scop. Celle-ci ne se voit pas à l'état typique, et il en est de même des hybrides avec *P. silvestris* lequel manque entièrement à la région. La hauteur des arbres est de 8 à 12 m.

Pinus Cembra se trouve, soit en petits nids cachés au milieu des groupements un peu serrés de *Pinus montana* où l'on observe de belles formes en gerbe et en candélabre ainsi que le « lusus » *erecta*, soit sur les pentes exposées à l'action des vents, soit, en formes couchées, à la limite supérieure des arbres ou sur des saillies de rocher. La hauteur des arbres varie de 8 à 22 m.

Larix decidua se mêle abondamment avec *Pinus Cembra* et *montana*, particulièrement du côté occidental de la vallée. Il offre également des sujets à cîmes multiples, à branches largement étalées, ainsi que le « lusus » *erecta*. *Picea excelsa* ne commence à apparaître que vers le Sud.

M. Hager a rencontré de nombreux parasites sur les arbres de cette région, notamment les champignons *Herpotrichia nigra*, *Dasyscypha rhaetica*, *Cytispora* et *Lophodermium Pinastri* (Schrader) à la fois sur l'arole et sur le pin de montagne, ainsi que le coléoptère *Bostrychus Cembræ*. En outre, la forêt a beaucoup à souffrir des déprédations de certains pâtres. Dans la région dolomitique, ce sont les forces naturelles qui précipitent les plus beaux arbres dans les couloirs.

Au sortir de cette oasis de pins de montagne et d'aroles la route des Grisons passe au travers du Val Medels. Après un intervalle de 7 km. on voit de nouveaux aroles, d'abord isolés, puis en rang serré à l'en-

trée du Val Cristallina, à la Muotta, et au Piz Caviel où ils forment une belle futaie de près de quinze cents arbres. Le niveau inférieur de l'arole est ici de 1500 m. et sa limite supérieure de 1980 m. Au pied de La Muotta l'arole apparaît en touffes dans la direction du Nord jusqu'à Dissentis, où l'on rencontre de nouveau un groupement d'une centaine d'arbres.

M. le prof. Ed. FISCHER (Berne) parle de la *biologie du genre Gymnosporangium des Urédinées.*

On connaît cinq espèces de ce genre en Suisse. Mais les expériences qui ont été faites dans le courant des dernières années démontrent que parmi ces espèces il y en a qui doivent encore être démembrées. Nous distinguons actuellement :

A. Les espèces qui offrent des téleutospores sur *Juniperus Sabina*, à savoir : 1° *Gymnosporangium Sabinæ* (Dicks.) Wint., dont les écidies se trouvent sur *Pirus communis*. 2° *G. confusum* Plowright qui revêt la forme écidienne sur *Cratœgus*, *Cydonia*, *Mespilus*, parfois aussi sur *Pirus communis*. Des écidies morphologiquement identiques vivent également sur *Cotoneaster*, mais M. Fischer a démontré que le *Gymnosporangium confusum* provenant du jardin botanique de Berne peut être inoculé à *Cratœgus* tandis qu'il est impossible d'en infecter *Cotoneaster*; d'où il faut conclure que l'écidie vivant sur *Cotoneaster* est une forme distincte, tout au moins au point de vue biologique, de *G. confusum.*

B. Les espèces qui offrent des téleutospores sur *Juniperus communis :* 3° *Gymnosporangium clavariæforme* (Jacq.) Rees. Cette espèce a été observée, en

Suisse sur *Cratægus* et aussi, à ce qu'il semble, sur *Cotoneaster*. — 4° *G. tremelloides* R. Hartig produisant des écidies sur *Sorbus Aria*. Des écidies toutes pareilles à celles-ci vivent aussi sur *Sorbus Chamæmespilus* et *Pirus Malus*. Toutefois, M. Fischer ne croit pas que l'écidie de *Pirus Malus* soit identique à celle de *Sorbus Aria*. 5° *G. juniperinum* (L.) Fr. On a toujours admis jusqu'ici, comme hôtes de la forme écidienne de cette espèce, *Sorbus Aucuparia* et *Amelanchier vulgaris*. Or, il résulte des expériences de M. Fischer que ce *Gymnosporangium* doit aussi être démembré. Dans la steppe rocailleuse au bord du lac de Bienne, qui a été si bien décrite par M. Baumberger (Die Felsenhaide am Bielersee. Basel 1904) on rencontre sur *Juniperus communis* des téleutospores que M. Fischer avait d'abord rattachées à *G. tremelloides*. Cependant une série d'essais d'inoculation sur *Sorbus Aria*, en mai 1906, ont donné contre toute attente un résultat négatif. Il en fut de même de *Sorbus Aucuparia*. Or, étant donné qu'*Amelanchier vulgaris* se trouve abondamment au voisinage des téleutospores et que déjà M. Baumberger y avait récolté des écidies, il était permis de supposer que cette Pomacée héberge la forme écidienne du *Gymnosporangium* en question. C'est ce qui fut établi par une série d'expériences commencées le 29 mai 1907 et qui portèrent sur *Amelanchier Botryapium*, *A. vulgaris*, *Sorbus Aria*, *S. torminalis*, *S. hybrida*, *S. Aucuparia*. A l'exception d'*Amelanchier vulgaris* qui a fourni un résultat positif, toutes les autres plantes sont demeurées indemnes. Il est donc évident que le *Gymnosporangium* qui produit des écidies sur *Amelanchier* n'est pas identique à

celui qu'on rencontre sur *Sorbus Aucuparia*. Suivant une communication verbale, M. Eriksson est arrivé au même résultat pour *Gymnosporangium juniperinum* en Suède. D'après M. Fischer, ces deux *Gymnosporangium* qu'il convient de tenir séparés présentent d'ailleurs de petites différences dans leurs téleutospores.

M. Paul Jaccard (Zurich). *Distribution de la flore dans la prairie subalpine.*

En étudiant la composition florale de 52 carrés de 1 m. de côté appartenant à la prairie subalpine et constituant par leur réunion en groupes de 4 à 8 en 9 localités distinctes réparties sur une surface approximative de 1 km² aux environs des Diablerets (Alpes vaudoises), l'auteur, en employant la méthode comparative utilisée par lui pour établir ses « lois de distrition de la flore alpine » constate :

1° que le coefficient de communauté moyen entre les 9 localités étudiées est 60 %;

2° que, toutes les autres conditions apparentes étant égales, la variation florale d'un m² au suivant est plus forte dans les « pentes » que dans les « plats », ce qui se traduit par un coefficient moyen de communauté plus élevé dans le premier cas que dans le second ;

3° qu'il n'existe très probablement pas, sur le km² considéré, 2 m² ayant une composition florale identique ;

4° que le nombre des tiges distinctes par m² est en moyenne *approximativement* de mille, dont 100 à 200 par m² portent des fleurs.

5° que le coefficient générique s'élève pour les 92 espèces récoltées à 79 % et que ce coefficient est sensiblement le même pour les Dialypétales, les Gamo-

pétales et les Composées qui ensemble représentent 78 des 92 espèces envisagées.

6° que ces 92 espèces groupées par ordre de fréquence se répartissent en 59 espèces *rares*, c'est-à-dire récoltées sur 1 à 16 des 52 m² étudiés, en 23 espèces *communes* rencontrées sur 17 à 34 m² et en 10 espèces *très communes* existant sur 35 à 48 des 52 carrés étudiés. D'après leur répartition ce sont donc les espèces rares qui sont *les plus nombreuses* et les espèces *très communes les moins nombreuses*. Le graphique qui traduit cette répartition est presque une ligne droite ;

7° D'une façon générale, ces conclusions qui confirment la généralité des « lois de distribution florale » établies par l'auteur pour la zône alpine, montrent que, en dehors des conditions écologiques, des lois d'ordre mathématique président à la distribution des espèces végétales dans l'intérieur d'un territoire donné et d'une formation déterminée.

M. le prof. F. Urech (Tubingue) décrit sommairement *un cas rare de tige d'ortie envahie par Puccinia Caricis.*

Dans une touffe d'orties au bord de la route et à la lisière d'une forèt de sapins, à Lindenberg (entre Freienamt et le lac de Hallwyl), une seule tige vigoureuse offrait cette particularité que, vers le milieu de sa hauteur et sur une longueur de 20 cm., elle avait poussé en forme de deux demi-cercles superposés. Le demi-cercle supérieur était envahi sur toute sa longueur et sur $^1/_4$ de la surface de la tige, soit sur le côté supérieur des 4 côtés de la tige, par une plaque de *Puccinia*

Caricis longue de 10 cm., large de 5 mm. et attirant de loin les regards par sa couleur jaune orangé. Il est hors de doute que l'invasion du champignon a dû commencer à l'extrémité supérieure d'une jeune tige en voie de croissance, soit plusieurs semaines avant qu'elle fut observée (13 juin 1904), et qu'à partir de ce moment le champignon s'est développé en même temps que la tige, pénétrant au moyen de son mycélium dans les cellules d'une des quatre parois latérales de la tige, et provoquant nécessairement une courbure de la tige de haut en bas. Lorsque le champignon s'est arrêté dans son développement, la tige a dû naturellement se redresser sous l'influence du géotropisme négatif. La présence de *Puccinia Caricis* sur *Urtica* a été rarement signalée et, malgré toutes les recherches minutieuses qu'il a entreprises dans les trois saisons sur les deux rives du cours supérieur du Rhin, M. Urech n'en a jamais rencontré un second cas.

M. M. Rikli (Zurich) communique des *observations phytogéographiques sur la flore du Lægern*. Cette florule comprend un certain nombre de types qui manquent à la flore du reste du canton de Zurich. Ce sont : I. Des espèces occidentales qui se trouvent groupées en trois catégories, à savoir : *a)* des plantes du Jura, qui sont pour la plupart des plantes calcicoles et rupicoles; *b)* des plantes subjurassiques venant également de l'ouest, mais après avoir suivi le pied méridional du Jura; *c)* des plantes alpines. — Le Lægern offre 16 espèces subalpines que l'on considérait naguère comme des reliques glaciaires. M. Rikli montre que, d'après les faits de distribution actuels, il est bien plus

vraisemblable d'admettre que la plupart de ces espèces sont arrivées dans la région en passant par dessus le Jura, attendu que, pour dix d'entre elles, le chemin parcouru est encore marqué à l'heure actuelle. Les seules reliques glaciaires seraient ainsi : *Rhododendron ferrugineum* (Schneisingen) et *Alnus Alnobetula*. Enfin trois espèces sont d'origine douteuse, à savoir : *Gentiana verna*, *Dianthus superbus* et *Arctostaphylos Uva-ursi*. — II. Des espèces orientales, dont le centre le plus proche se trouve dans le nord du canton de Zurich et dans le bassin de Schaffhouse. Ce sont avant tout le genêt, *Carex ericetorum*, *Anemone Pulsatilla*. Le Lægern forme ainsi une florule particulière dans la flore de l'ensemble du canton de Zurich, florule qui a le plus d'analogie avec celle du nord de ce canton. La situation spéciale du Lægern au point de vue floristique s'exprime encore par la présence de deux formes nettement xérophytiques, à savoir : *Ligustrum vulgare v. rupicola* et *Carpinus Betulus v. rupicola*.

M. le Dr G. Senn (Bâle) parle des *chromatophores de quelques plantes vasculaires dépourvues de chlorophylle*.

Tandis que la présence de la chlorophylle dans une plante permet d'affirmer qu'elle est en mesure d'assimiler l'acide carbonique, là où il n'y a pas de chromatophores verts l'assimilation carbonique doit être établie expérimentalement. C'est ce que M. Senn s'est proposé de faire soit à l'aide de la méthode volumétrique soit avec celle de l'indigo blanc. Les expériences ont porté sur diverses plantes et ont donné les résultats suivants :

1° Les rameaux fertiles d'*Equisetum arvense* offrent une assimilation très nette qui est environ deux fois aussi forte que la quantité de CO_2 produite par la respiration. Il n'y a rien d'étonnant à cela, attendu que les chromatophores renferment non seulement des gouttelettes rondes d'apparence identique à celles des chloroplastides des Conifères lorsqu'ils sont colorés en rouge en hiver, mais aussi un peu de chlorophylle.

2° Dans *Neottia Nidus avis*, les jeunes rameaux qui viennent de fleurir ont à peu près la même énergie assimilatrice qu'*Equisetum ;* dans les pousses plus âgées l'assimilation devient beaucoup plus faible que la respiration. Ces faits résultent de la prédominance, dans les jeunes pousses, des chromoplastides ronds amylogènes issus des leucoplastides et munis d'un « stroma » uniformément teinté en brun clair, alors que dans les pousses plus âgées le colorant s'est entièrement cristallisé après l'élimination de l'amidon. Cette tendance à la cristallisation du colorant brun de *Neottia* ne provient pas de la chlorophylle qu'elle contient mais bien de sa teneur élevée en carotine qui peut être aisément décelée par la potasse.

3° Les cristaux de carotine de la racine pivotante de *Daucus Carota*, qui rappellent par leur forme et leur mode de développement les chromatophores à colorant cristalisé de *Neottia*, sont inaptes à l'assimilation de l'acide carbonique.

4° Il en est de même des chloroplastides de *Populus alba* et *Liriodendron tulipiferum* qui se colorent en jaune à l'automne.

5° En revanche, *Orobanche Teucrii*, *caryophyllacea* et *Hederae* ont offert une légère assimilation carbonique

pouvant s'élever dans certains cas jusqu'à compenser la respiration. Or, leurs chromatophores qui sont riches en amidon, sont munis d'un « stroma » coloré en jaune vif.

6° Dans les feuilles étiolées de *Phaseolus*, M. Senn a constaté que l'assimilation décompose environ le double de l'acide carbonique produit par la respiration.

M. Senn conclut de ses résultats que tous les chromatophores dépourvus de chlorophylle qu'il a examinés sont plus ou moins aptes à décomposer l'acide carbonique tant que leur colorant imprègne uniformément le « stroma ». La faculté assimilatrice disparaît définitivement avec la cristallisation du colorant ou sa localisation sur certains points du « stroma ».

M. le prof. A. Ursprung (Fribourg) traite la question du rôle joué par des cellules vivantes dans l'ascension de la sève. Après avoir décrit sommairement les résultats obtenus par ses devanciers, M. Ursprung parle de ses propres expériences, en les contrastant avec celles de Strasburger, et en faisant suivre l'exposé des résultats obtenus par sa méthode de l'examen critique des diverses objections qu'on a opposées à ses conclusions.

Puis, l'auteur communique les résultats provisoires des nouvelles recherches qu'il a entreprises sur l'effet de mortifications partielles dans les plantes herbacées.

Dans la seconde partie de sa communication, M. Ursprung discute les questions de physique qui se rattachent à son sujet, notamment la cohésion de l'eau et la résistance à la filtration, et arrive enfin à cette conclusion générale que dans l'état actuel de nos connaissances tout parle en faveur de l'intervention des cellules vivantes dans l'ascension de la sève.

Zoologie.

Président : M. le Prof. Zschokke (Bâle).
Secrétaire : M. le Dr Ch. Linder (St-Imier).

Prof. P. Godet. Les mollusques neuchâtelois. — M.-H. Goll. Sur la disparition de quelques espèces de poissons du lac de Morat. — H. Blanc. Dégâts causés dans une maison par des coléoptères xylophages. — K. Hescheler. Structure des organes segmentaires des Annélides Polychètes. — G. Burg. Les mésanges grises (Parus palustris, borealis et variétés). — E. Yung. De la structure des tentacules chez Helix et Arion. — Fischer-Siegwart. Quelques raretés ornithologiques des environs de Zofingue. — F.-A. Forel. Nichées de mouettes.

M. Paul Godet (Neuchâtel), présente un travail sur les *Mollusques du Jura Neuchâtelois* et des contrées limitrophes des Cantons de Berne, Vaud et Fribourg, c'est-à-dire le Val de St-Imier, la partie orientale du Jura vaudois et le pourtour des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat.

Le catalogue raisonné des 137 espèces mentionnées paraîtra dans le Bulletin de la Société des sc. nat. de Neuchâtel, accompagné de 2 planches, représentant quelques formes spéciales à notre domaine. Le travail présenté à la Société helvétique consiste en 150 planches, contenant 2580 figures, dessinées et peintes d'après nature et représentant toutes les espèces, variétés, et formes trouvées jusqu'ici dans la région sus-mentionnée.

M. Godet rappelle les travaux concernant la Faune suisse, des savants Studer, de Charpentier, Hartmannn,

Stabile, Mousson, Brot, Sterki etc., entre autres le plus moderne d'entre eux : la Faune des mollusques de l'Autriche-Hongrie et de la Suisse, par Clessin, pour laquelle l'auteur du catalogue a fourni les données concernant la Suisse occidentale ; mais il fait remarquer que dans tous ces travaux, sauf, en partie du moins, dans le dernier, le Jura a été plus ou moins laissé de côté, faute de documents suffisants et c'est cette lacune que le travail dont il s'agit ici essaie de combler. Le Jura, pris dans son ensemble, est une chaîne à part, présentant, pour ce qui concerne les Mollusques, une grande uniformité. Malheureusement, jusqu'ici, certaines de ses parties n'ont pas été suffisamment étudiées, aussi les documents ne sont-ils pas assez nombreux pour établir la distribution des espèces et l'origine exacte de notre faune. Une discussion de ces questions se trouvera sous forme « d'Introduction » au Catalogue du Bulletin de la Soc. neuchâteloise. On peut donc penser que l'étude détaillée du Jura neuchâtelois, au point de vue malacologique, fera connaître la faune du Jura tout entier et que l'étude spéciale, surtout celle des parties extrêmes de cette chaîne, n'enrichira pas la faune d'un grand nombre d'espèces, mais seulement d'un certain nombre de formes ou de variétés.

Le Jura, comme on sait, est de nature calcaire ; par ci, par là, dans le fond des vallées, quelques dépôts mollassiques ; les roches granitiques n'y apparaissent que sous la forme de blocs erratiques : de là, absence complète d'un genre, confiné en Suisse dans les régions plus ou moins granitiques, le G. *Campylæa*. Beck. (*Camp. zonata fœtens*, etc.), la sous fam. des Campyleinæ n'étant représentée dans le Jura que par un genre

voisin, composé d'une seule espèce : le *Chilotrema lapicida*, qui se trouve partout. Absence aussi des espèces essentiellement méridionales, dont une seulement, la *Carthusiana carthusiana* Müll. a pénétré jusqu'à la frontière neuchâteloise, en suivant le pied du Jura et en passant par les cantons de Genève et de Vaud. Une autre espèce de ce genre, l'*Helix aspersa*, tend à se répandre, à la suite d'importations. Une espèce des contrées molassiques, la *Fruticicola hispida* L., trouvée par exemple près d'Avenches, n'a pas été rencontrée jusqu'ici dans le Jura, sauf aux environs du lac de Joux ; la *Xerophila obvia*. Ziegl. des contrées orientales de l'Europe et de l'Allemagne a été découverte sur un point (le pré du Chanet aux environs de Neuchâtel) où elle s'est établie à la suite d'une importation.

On ne connaît pas jusqu'ici d'espèce exclusivement jurassique, mais seulement certaines formes d'espèces connues, comme la forme *triplicata* Htm. de la *Clausilia cruciata*. Stud., En revanche, certaines espèces. considérées jusqu'ici par les naturalistes suisses, comme purement alpines, comme *Helicodonta holosericea* Stud. et *Patula ruderata* Stud. ont été trouvées dans le Jura. Il en est de même de la *Clausilia corynodes*. Held. (gracilis, Stud.) et de deux ou trois formes de la Suisse orientale, les *Claus. fimbriata* et *orthostoma* par exemple qui ont été rencontrées dernièrement dans le Jura neuchâtelois.

Les formes spéciales, jusqu'ici du moins, à notre domaine, mais qui pourront se rencontrer ailleurs, sont : *Unio neocomensis*. Drouet, du lac de Neuchâtel : *Limnæa peregra*. Drap. var. *melanostoma*. Zgl. f. *gi-*

gantea, de l'étang de Tète de Ran ; *Limnæa ovata*. Dr. var. *godetiana*. Cless., des environs du Locle ; *Limnæa moratensis*. Cless. des marais des bords des lacs de Morat et Neuchâtel ; *Unio tumidus*. Retz. var. *godetiana*. Cless. des bords du lac de Neuchâtel.

La faune des *Bivalves* d'eau douce est richement représentée dans les lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. A signaler la présence de l'*Unio tumidus*. Retz, qui manque au lac Léman et est remplacée en partie, dans le lac de Lugano et dans les rivières du Tessin, par une forme méridionale : l'*U. requieni* et ses variétés. Absence complète dans nos lacs de l'*U. pictorum* (L.), qui, du reste, ne se trouve en Suisse que dans le lac de Lucerne. Voir pour d'autres renseignements le Bulletin de la Soc. neuchâteloise des sciences naturelles (1907).

M. P. Godet fait hommage de ce travail à la Société helvét. des sciences naturelles pour sa bibliothèque, où il pourra être consulté par ceux que cela intéresse.

M. H. Goll (Lausanne) parle du *lac de Morat et de quelques spécimens typiques de poissons*.

Le lac de Morat, favorisé par sa position géographique, son eau pas trop dure, plutôt molle, d'une température égale, peut entretenir une faune nombreuse et forme un vrai réservoir à poissons, les divisant entre la faune du lac profond et celle du littoral. Cependant ce lac a subi une modification assez sensible depuis la correction des eaux du Jura, par l'abaissement des lacs de Neuchâtel et de Morat ; ce dernier a vu surtout diminuer son littoral où venaient frayer autrefois certaines espèces de poissons dans l'eau peu profonde. On peut admettre qu'un groupe de poissons

précieux de ce lac a été plus éprouvé que d'autres; ce sont les Corégones indigènes, qui sont sur le point de s'éteindre. Heureusement qu'il existe une communication continuelle entre les deux lacs par le Canal de la Broye, amenant de l'eau froide dans le lac de Morat, au moment de la fonte des neiges causée par les affluents du lac de Neuchâtel. Il se fait aussi une émigration continuelle de certains Corégones de grande taille, comme la *Palée*, qui est toujours abonabondante dans ce petit lac, comme poisson migrateur ou sous une petite forme restée indigène, tandis que deux autres espèces, indigènes aussi, commencent à disparaître.

Quelle peut être la cause de cette disparition? Un poisson, autrefois rare, commence depuis plusieurs années à se multiplier dans ce lac; c'est le *Salut* ou *Silure*, très connu des pêcheurs. Cependant, sans avoir jusqu'à présent des preuves positives sur sa nourriture, nous pouvons admettre que le Silure, avec sa croissance très rapide, peut devenir en peu d'années un vrai monstre d'eau douce, pourvu d'une énorme gueule avec de petites dents à crochets qui ne lâcheront plus leur proie. Ce poisson peut donc faire un grand tort surtout aux poissons lents comme les Corégones?

Cette apparition, actuellement très menaçante, serait la principale cause de la diminution ou de la disparition des Corégones. Les pêcheurs riverains sont aussi de cette opinion, que depuis que ce poisson se multiplie rapidement, d'autres espèces disparaissent. (Voyez l'analyse dans ma dissert. in extenso.)

Un autre obstacle au repeuplement, serait causé par les bateaux à vapeur, par la dissémination de leurs

cendres et scories au fond du lac. Les pêcheurs en donnent assez la preuve, car, au lieu de remonter des poissons des profondeurs, ils ne remontent souvent, dans leurs filets, que des morceaux de scories pincés entre les mailles. Malgré cela, certaines espèces de ce petit lac paraissent se reproduire très vite et apparaissent toujours nombreuses, et il nous reste encore une précieuse phalange de poissons très comestibles pêchés en grand nombre comme autrefois.

Ce sont : les brochets, les truites, les perches, les tanches, les brêmes ou *Platons*, les carpes (Spiegelkarpfen), les lottes et l'anguille (par saison très abondantes). Cette phalange de bons poissons, localisée dans cette petite nappe d'eau, restera longtemps la gloire du lac de Morat.

M. le prof. H. BLANC (Lausanne), relate les *dégâts causés dans une maison par des Insectes xylophages.*

Il s'agit du presbytère de l'hospice de St-Loup près la Sarraz qui, bâti il y a environ trente ans seulement, a dû être au printemps complètement démoli.

Après avoir constaté que la poutraison du toit et de l'étage mansardé de ce bâtiment était endmomagée, percée d'une quantité de petits trous ovales desquels sortait de la sciure. M. Rau-Vaucher, directeur, fit faire une expertise ; il fut alors établi que les fermes, les chevrons, les boiseries, les planchers de sapin étaient minés dans toute la maison et que celle-ci n'était point à réparer mais à démolir.

D'après les quelques larves qui ont pu être extraites de fragments de poutres infestées et qui sont en observation au laboratoire de zoologie pour obtenir l'insecte

parfait, il ressort que l'auteur principal des dégâts est une Callidie, soit le *Callidieum violaceus* ou plutôt le *C. bajulus* plus grand que le premier. Mais en compagnie des larves de ce Coléoptère en furent trouvées quelques autres plus petites déterminées par M. Barbey, expert forestier, comme étant probablement celles d'une espèce d'Hyménoptère, le *Sirex spectrum* dont la femelle, comme celle des Callidies, déposent aussi leurs œufs dans le bois de sapin ouvragé et plus volontiers dans l'épicea. Tout en creusant dans l'aubier des galeries sinueuses, irrégulières ou rectilignes presque parallèles, plusieurs de ces larves avaient pénétré plus profond dans le cœur du bois diminuant encore sa solidité.

Lors de la démolition de l'immeuble, le bois détérioré fut enlevé et brûlé afin d'éviter tout danger en propagation du mal. Les Callidies font parler d'elles dans le sud de la Russie, ici et là en Allemagne et en France ; elles sont plus rarement citées dans notre pays comme Insectes ravageurs de nos habitations.

L'élevage entrepris avec le matériel prélevé lors de la démolition permettra peut-être de fixer les conditions dans lesquelles le développement des Callidiens s'effectue car on est loin d'être d'accord soit sur la durée de la métamorphose, soit sur le mode de reproduction de ces dangereux Coléoptères[1].

M. le prof. K. Hescheler (Zurich), donne un aperçu de l'état actuel de nos connaissances sur la *structure*

[1] Depuis l'envoi de cette note aux *Archives*, deux exemplaires adultes de Callidium bajulus sont sortis des morceaux de la poutre en observation au laboratoire de zoologie.

des organes segmentaires des Annélides Polychètes et montre l'importance des résultats de ses nouvelles recherches au point de vue de l'anatomie comparée du système uro-génital en général. L'opinion de l'auteur que, chez les Polychètes, la séparation du conduit du Cœlome et des Néphridies aurait une origine embryonnaire, est contredite par d'autres zoologistes qui regardent le *Nephromixium* comme ayant une origine primaire.

M. G. Burg (Olten) présente un travail sur les *Mésanges grises* (*Parus palustris, boréalis et variétés*).

M. le prof. Emile Yung (Genève) résume ses observations sur les anomalies des tentacules chez *Helix pomatia* et *Arion empiricorum*.

Chez *Helix* ces anomalies peuvent être groupées dans les catégories suivantes :

a. Anomalies dans les dimensions. Elles sont fort rares, sur environ 500 individus observés 9 cas seulement ont été constatés. La longueur normale des grands tentacules étant en moyenne de 20 mm. à l'état d'extension chez les individus adultes de taille moyenne M. Yung a noté deux individus dont les tentacules ne mesuraient que 10 mm. Chez les sept autres la réduction portait 6 fois sur le tentacule droit et 1 fois sur le tentacule gauche. Chez un individu dont le tentacule droit ne mesurait que 4 mm. les deux petits tentacules étaient réduits à leur bouton terminal. Chez les six autres le tentacule réduit mesurait de 6 à 10 mm.

b. Anomalies dans la forme. Celles-ci sont plus fréquentes (21 cas) et portent indifféremment sur les deux tentacules ou sur l'un d'eux seulement, tantôt le droit

tantôt le gauche. L'anomalie consiste le plus souvent dans une ou plusieurs courbures. Dans un cas le grand axe du tentacule était une ligne brisée dont les deux segments formaient un angle obtus, la rétraction du tentacule étant limitée au segment distal. La cause de cette anomalie réside dans la prédominance de la musculature sur la face concave de la courbure. Dans un cas le tentacule gauche dépourvu de bouton se terminait en pointe, il ne portait ni ganglion ni œil.

c. *Anomalies dans la couleur*. Deux cas de mélanisme double. Deux cas de mélanisme unilatéral. Un seul cas d'albinisme double et s'étendant aux cellules pigmentaires de la rétine.

d. *Anomalies dans la structure*. Celles-ci sont probablement fréquentes mais ne pouvant être constatées que sur des coupes, elles échappent à l'observation superficielle. M. Yung a principalement étudié celles relatives à la situation de l'œil et au parcours du ganglion tentaculaire.

M. Fischer-Siegwart (Zofingue). *Quelques raretés Ornithologiques des environs de Zofingue.*

Autour de sa propriété de Rebberg près de Zofingue, M. Fischer-Siegwart a vu nicher, cette année, des Mésanges bleues, des Nonnettes, des Mésanges charbonnières, des Sitelles, des Verdiers, des Chardonnerets, des Bruants jaunes, des Serins et des Fauvettes des jardins. Mais le Pinson ordinaire fut le seul à ne pas venir nicher cette année dans ces parages, bien qu'il vienne au mangeoir, en assez grand nombre, pendant l'hiver. En automne de l'année précédente, plusieurs nids, probablement ceux du *Phylloscopus sibilator*.

Bechst., furent trouvés dans les herbes épaisses, et un exemplaire de cette espèce fut attrapé par un chat, le 7 octobre. *Muscicapa atricapilla, L.*, nicha en mai 1905, dans un nid artificiel fixé contre la maison, du côté de l'ouest. On entendit chanter le mâle jusqu'au 6 juin; à cette époque les jeunes s'envolèrent et la famille quitta la contrée. Au printemps suivant le couple revint au même nid ; la famille couva vers le 20 mai pendant que le mâle chantait chaque jour à partir de midi. En 1907 cette espèce fit défaut dans le voisinage et fut remplacée par *Muscicapa collaris, Bechst.*, dont un mâle fut trouvé mort le 21 avril. Plus tard, on observa un autre mâle ainsi que quelques femelles et un jeune se montra encore le 19 juillet. L'espèce doit donc avoir niché au Rebberg. Un exemplaire d'*Acrocephalus palustris, Bechst.*, chassé par un Epervier, entra par la porte dans la maison, le 5 mai 1907. Aux printemps de 1906 et de 1907 un couple de Moineaux (*Passer domesticus L.)* construisit, sur un pommier, un nid qui avait la forme d'une grande poire et était suspendu à une branche par sa partie la plus mince ; l'orifice de sortie se trouvait sur le côté du nid. A Diessbach, sur les bords de l'Aar, M. Sam. Käser trouva un nid de Moineau construit également sur un pommier : mais ce nid était fixé solidement à la bifurcation de deux branches.

M. F.-A. Forel (Morges) a continué, cette année encore, le *dénombrement des Mouettes du Léman.*

Il estime, d'après la statistique de 1905-1907 leur nombre à :

De mars à juin, 300 à 500 restées sur le lac après la grande émigration vers le nord ;

De juillet à septembre, 1200 à 1500, après le retour des parents, les nichées terminées, et les jeunes émancipés ;

D'octobre à mars, 3000 à 4000, retenues sur le lac par les aumônes de pain blanc que ces oiseaux ont appris à mendier auprès des riverains de la côte suisse ; il n'y en a pas sur la côte de Savoie.

Quelques mouettes nichent dans les environs du Léman. Cela est prouvé par les observations de divers naturalistes qui ont vu, en mai et juin, de très jeunes oiseaux, incapables de vol à de grandes distances ; cela est confirmé par la trouvaille faite en mai 1907 par MM. Rubin et Souveyran, de Genève, d'un nid de mouettes, dans le delta de la Drance de Thonon. Ce nid, un simple creux dans le sable, est d'un type bien différent de celui des mouettes des étangs des Dombes, un nid flottant sur l'eau (Rubin et Fatio) et du type classique, un nid de roseaux sur la terre sèche des phragmitaies.

Une mouette tuée le 25 octobre 1906 à Ouchy, par un chasseur, provenait, d'après l'inscription gravée sur un anneau d'argent, de la station ornithologique de Rossiten (hâvre de Courlande, sur la mer Baltique) ; elle avait été marquée sur le nid le 4 juillet 1905. Il y a là une donnée précieuse sur les lignes de migration de ces Lares.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1906

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER

Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

I. Introduction.

Il n'y a pas, en 1906, de changements à signaler dans la publication des tableaux météorologiques mensuels. Il en est sensiblement de même pour le résumé annuel, qui ne diffère que peu des précédents ; j'y reviendrai tout à l'heure. Tous ses tableaux contiennent *treize* mois, de décembre 1905 à décembre 1906, afin que les moyennes annuelles correspondent à la fois à l'*année météorologique* et à *l'année civile.* Seul le tableau V fournissant les températures de cinq en cinq jours à Genève n'a été, comme précédemment, établi que pour l'année civile.

L'ordre des matières traitées dans ce résumé reste le même que dans les résumés antérieurs. Après quelques indications de portée générale, les différents élé-

ments météorologiques seront passés en revue dans l'ordre accoutumé : *température*, *pression atmosphérique*, *humidité de l'air*, *vents*, *pluie* et *neige*, *nébulosité* et *durée d'insolation* à Genève.

A *l'observatoire de Genève*, les observations météorologiques directes se font toujours de trois en trois heures, à partir de 7 h. du matin jusqu'à 10 h. du soir. Les instruments enregistreurs fournissent en outre les valeurs de la plupart des éléments météorologiques à 1 h. et à 4 h. du matin. Les moyennes diurnes de ces éléments reposent donc sur *huit* observations trihoraires. L'observation supplémentaire de 9 h. du soir a été utilisée, avec celles de 7 h. du matin et de 1 h. du soir, pour obtenir des moyennes spéciales de la température qui soient directement comparables à celles du *Grand Saint-Bernard*, où les observations ne se font plus qu'à ces trois heures-là depuis 1902, comme dans toutes les autres stations de la Suisse.

La seule différence appréciable entre ce résumé et ceux des années antérieures est la suppression des anciens tableaux VIII, XII et XVI qui fournissaient, pour *Genève*, et pour la température de l'air, celle du Rhône et la pression atmosphérique, les valeurs des écarts moyens et extrêmes, suivant un usage introduit par Plantamour en 1861. Il m'a semblé que le calcul de ces écarts, poursuivi pendant 45 années, suffisait pour en établir les moyennes et je me suis cru autorisé à en alléger ce résumé qui s'est accru, d'autre part, de nouveaux tableaux depuis ces dernières années. Les deux tableaux parallèles pour la température et la pression atmosphérique au *Grand Saint-Bernard*, ont d'ailleurs été déjà supprimés, dès l'année 1902.

Une autre simplification sera introduite dès l'année prochaine : la suppression du calcul de la résultante des vents pour Genève et le St-Bernard. Je l'ai encore maintenu pour ce résumé-ci afin de parfaire une période de 80 ans pour ce calcul que je considère d'ailleurs comme superflu.

Les *valeurs normales* des différents éléments météorologiques sont empruntées, pour *Genève*, aux « Nouvelles études sur le climat de Genève », d'Emile Plantamour, où étaient utilisées toutes les observations faites jusqu'en 1875. Pour le *Grand Saint-Bernard*, les valeurs normales sont fournies par les moyennes des 27 années, 1841-1867, calculées par E. Plantamour.

Les tableaux mensuels des observations météorologiques faites à l'observatoire de Genève et au Grand Saint-Bernard et publiés dans les *Archives* sont, comme les années précédentes, établis chaque mois à l'observatoire par les soins de M. E. Schær, astronome-adjoint ; les tableaux de ce résumé-ci ont été préparés par M. H. Duaime ; j'exprime à tous deux ici ma reconnaissance pour leur collaboration.

Les observations ont toutes été faites à l'HEURE LOCALE seule indiquée. Pour la tranformer en temps moyen de l'Europe centrale, il faut ajouter 35 minutes aux dates des observations de Genève et 30 minutes à celles du Grand Saint-Bernard.

Pour clore cette introduction, je voudrais signaler ici un fait d'une grande importance qui s'est produit, en 1906, pour la *station météorologique du Grand Saint-Bernard* : je veux parler du *nouveau nivellement*

de précision exécuté par les soins du Service topographique fédéral[1].

La cote de 2475 mètres (2475m.3) adoptée antérieurement pour l'altitude du zéro du baromètre du Grand Saint-Bernard, reposait sur un nivellement exécuté en 1855 par Chappex entre le Bouveret et Martigny, puis par Torcapel entre Martigny et Bourg St-Pierre, et par Plantamour et Burnier de Bourg St-Pierre au Grand Saint-Bernard[2].

Ce nivellement qui, dans sa dernière partie surtout, présentait de grandes difficultés parce qu'il fallait suivre le chemin muletier, le seul qui existât alors, avait fourni comme résultat une altitude de 2101m.7 pour le baromètre du Saint-Bernard au-dessus du repère de la pierre du Niton.

Le nivellement de 1906, exécuté de Martigny au Saint-Bernard, en suivant la nouvelle route, par MM. Hilfiker et Gassmann, travaillant indépendamment l'un de l'autre et en utilisant les derniers perfectionnements de la science moderne, a fourni pour cette même différence d'altitude le chiffre de 2102m.23. Il n'y a donc qu'une divergence de 53 centimètres entre les deux nivellements exécutés à un demi-siècle d'intervalle.

Si l'on tient compte du fait que le repère de la pierre du Niton est à 31m.37 au dessous du zéro du baromètre de l'observatoire de Genève, d'après un nivellement exécuté par le Service topographique fédéral en

[1] Ein neues Präzisionsnivellement auf den Grossen St.-Bernhard, von J. Hilfiker. — Extrait de la *Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft Zurich*, 52me année, 1907, p. 364.

[2] Nivellement du Grand Saint-Bernard par MM. F. Burnier et E. Plantamour, *Archives*, t. 30 (1855), p. 97.

1905 : puis de l'altitude du repère de la pierre du Niton au dessus de la mer, 373m60 [1], on trouve actuellement :

Altitude du zéro du baromètre du Grand Saint-Bernard : 2070m.86 au dessus du zéro du baromètre de Genève ; 2475m.83 au dessus de la mer.

II. Température.

Les résultats généraux des observations thermométriques sont consignés dans dix tableaux de chiffres à propos desquels j'ai quelques remarques à faire.

1° *Moyennes générales de la température. — Écarts.* Le *tableau I* fournit, pour *Genève*, toutes les valeurs moyennes des températures, de trois en trois heures à partir de 1 h. du matin, puis la *température moyenne des mois, des saisons et de l'année* (météorologique et civile), moyennes des huit moyennes trihoraires, enfin les *minima* et les *maxima* moyens. Les températures des heures de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ont été relevées, comme précédemment, sur les diagrammes du thermographe Richard, grand modèle, qui a fonctionné sans accroc toute l'année.

Le *tableau II* pour *Genève* et le *tableau III* pour le *Grand Saint-Bernard* donnent les valeurs moyennes des températures des différentes périodes pour les trois observations de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir, puis les températures moyennes des mêmes périodes calculées sur les deux formules employées par le bureau

[1] J. Hilfiker, Höhenverhältnisse der Schweiz, p. 97.

I. Température. GENÈVE, 1906.

PÉRIODE	1 h.m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1905.	+ 0.80	+ 0.47	+ 0.36	+ 0.99	+ 2.35	+ 1.95	+ 1.42	+ 1.04	+ 1.17	- 0.45	+ 3.60
Janv. 1906	+ 0.97	+ 0.39	+ 0.04	1.21	3.74	3.51	2.32	+ 1.71	1.74	- 1.08	5.41
Février . .	- 0.57	- 1.25	- 1.55	0.56	3.01	2.36	0.65	- 0.04	0.40	- 2.00	4.54
Mars . . .	+ 2.56	+ 1.94	+ 1.89	4.59	6.94	7.52	5.05	+ 3.77	4.28	+ 0.57	9.15
Avril . . .	6.51	5.46	6.36	9.31	11.22	12.00	10.04	8.33	8.65	4.79	13.33
Mai	10.29	9.01	11.23	14.56	16.91	17.15	14.97	12.35	13.31	8.67	19.31
Juin. . . .	13.91	12.34	15.13	18.31	20.45	20.80	18.32	15.81	16.88	11.58	22.76
Juillet. . .	15.90	14.25	17.35	20.18	23.07	23.34	20.77	18.34	19.15	13.61	25.54
Août . . .	15.84	14.13	16.82	21.33	24.30	24.54	21.82	18.45	19.66	13.35	26.92
Septembre	11.82	10.08	11.27	16.25	19.37	20.22	16.79	13.81	14.95	9.30	21.91
Octobre. .	9.19	8.53	8.56	13.16	15.63	15.11	12.63	10.59	11.68	7.46	16.49
Novembre	+ 4.96	+ 4.39	+ 4.30	+ 6.39	8.30	7.54	+ 6.90	+ 5.59	+ 6.05	+ 3.18	9.66
Décembre.	- 2.06	- 2.62	- 2.72	- 1.24	+ 0.63	+ 0.26	- 0.82	- 1.47	- 1.25	- 4.68	+ 2.99
Hiver . . .	+ 0.46	- 0.09	- 0.35	+ 0.93	+ 3.05	+ 2.62	+ 1.49	+ 0.93	+ 1.13	- 1.15	+ 4.52
Printemps	6.45	+ 5.47	+ 6.50	9.48	11.69	12.22	10.02	8.15	8.75	+ 4.68	13.93
Été	15.23	13.59	16.44	19.96	22.63	22.92	20.32	17.55	18.58	12.86	25.10
Automne .	8.66	7.68	8.05	11.95	14.45	14.30	12.10	10.00	10.90	6.66	16.02
Année mét.	7.73	6.70	7.70	10.63	13.01	13.07	11.03	9.20	9.88	5.80	14.95
» civile	7.49	6.42	7.44	10.44	12.86	12.92	10.84	8.99	9.68	5.44	14.90

II. Température. GENÈVE, 1906.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	$\frac{7+1+2\times9}{4}$
	°	°	°	°	°
Décembre 1905..	+ 0.36	+ 2.35	+ 1.13	+ 1.28	+ 1.24
Janvier 1906 ...	+ 0.04	3.74	1.91	1.90	1.90
Février	- 1.55	3.01	0.27	0.58	0.50
Mars	+ 1.89	6.94	4.31	4.38	4.36
Avril	6.36	11.22	8.90	8.83	8.84
Mai	11.23	16.91	13.15	13.76	13.61
Juin...........	15.13	20.45	16.70	17.43	17.24
Juillet	17.35	23.07	19.14	19.85	19.67
Août...........	16.82	24.30	19.40	20.17	19.98
Septembre	11.27	19.37	14.80	15.15	15.06
Octobre........	8.56	15.63	11.07	11.75	11.58
Novembre,......	+ 4.30	8.30	+ 6.02	+ 6.21	+ 6.16
Décembre......	- 2.72	0.63	- 1.36	- 1.15	- 1.20
Hiver..........	- 0.35	3.05	+ 1.13	+ 1.28	+ 1.24
Printemps......	+ 6.50	11.69	8.78	8.99	8.94
Eté............	16.44	22.63	18.43	19.17	18.98
Automne.......	8.05	14.45	10.64	11.05	10.95
Année météorol.	7.70	13.01	9.79	10.17	10.07
» civile...	7.44	12.86	9.58	9.96	9.86

central météorologique suisse : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes : *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 h. du soir. Ce sont, du reste, ces dernières moyennes qui ont servi pour la comparaison des deux stations. Le travail de comparaison fait en 1901 pour les deux stations du Grand Saint-Bernard a montré en effet que la deuxième formule donne des chiffres qui se rapprochent sensiblement plus des moyennes résultant d'un plus grand nombre d'observations diurnes. Le tableau III contient en outre les *minima* et les *maxima* moyens pour la station du Grand Saint-Bernard.

Le *tableau IV* donne les *écarts* entre les températures

III. Température. GRAND SAINT-BERNARD, 1906.

PÉRIODE	7. h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne $\frac{7+1+9}{3}$	Températ. moyenne $\frac{7+1+2\times9}{4}$	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°	°	°
Déc. 1905.	- 5.66	- 3.21	- 4.98	- 4.62	- 4.71	- 7.5	- 2.6
Janv. 1906	- 8.68	- 6.90	- 8.12	- 7.90	- 7.95	-11.3	- 5.4
Février . .	-12.59	- 9.61	-11.62	-11.28	-11.36	-15.0	- 8.5
Mars . . .	- 8.36	- 4.57	- 7.99	- 6.97	- 7.23	-10.8	- 3.6
Avril . . .	- 6.18	- 2.69	- 5.64	- 4.83	- 5.04	- 7.8	- 1.5
Mai	- 0.62	+ 3.17	- 0.33	+ 0.74	+ 0.47	- 2.5	+ 4.8
Juin. . . .	+ 2.79	6.67	+ 2.99	4.15	3.86	+ 1.3	8.1
Juillet. . .	5.38	9.52	6.26	7.05	6.85	4.5	10.3
Août . . .	6.59	11.91	7.75	8.75	8.50	+ 5.5	13.1
Septembre	2.38	7.06	3.31	4.26	4.02	- 0.9	7.9
Octobre. .	+ 0.60	+ 4.05	+ 1.35	+ 2.00	+ 1.84	- 0.2	+ 4.7
Novembre	- 3.55	- 1.81	- 3.32	- 2.89	- 3.00	- 5.6	- 0.6
Décembre	-12.59	-10.68	-12.81	-12.03	-12.22	-15.6	- 9.3
Hiver . . .	- 8.86	- 6.47	- 8.13	- 7.82	- 7.90	-11.1	- 5.4
Printemps	- 5.04	- 1.35	- 4.64	- 3.68	- 3.92	- 7.0	- 0.1
Été	+ 4.94	+ 9.40	+ 5.70	+ 6.68	+ 6.44	+ 3.8	+10.5
Automne .	- 0.18	+ 3.11	+ 0.45	+ 1.12	+ 0.96	- 2.2	+ 4.0
Ann. mét.	- 2.25	+ 1.21	- 1.63	- 0.89	- 1.07	- 4.1	+ 2.3
» civile	- 2.84	+ 0.57	- 2.29	- 1.52	- 1.71	- 4.8	+ 1.7

moyennes des différentes périodes et les valeurs normales. Pour *Genève* il y a deux séries d'écarts, correspondant l'une aux températures du tableau I et l'autre à celles du tableau II calculées par la deuxième formule. La dernière colonne du tableau IV donne la différence entre les écarts de Genève et du Grand Saint-Bernard, écarts correspondant aux températures calculées d'après cette même formule.

L'année 1905 avait été une année à peu près normale pour *Genève*, — un peu trop chaude, — et une année un peu trop froide pour le Saint-Bernard. — 1906, comme 1904, est décidément une année chaude,

IV. Écarts avec les températures normales, 1906.

Période	Genève Moyenne des 8 obs.	Genève $\frac{7+1+2\times 9}{4}$	Grand St-Bernard $\frac{7+1+2\times 9}{4}$	Différence entre les deux stations
	°	°	°	°
Décembre 1905..	+ 0.37	+ 0.44	+ 2.88	- 2.44
Janvier 1906....	+ 1.82	+ 1.98	+ 1.09	+ 0.89
Février.........	- 1.20	- 1.10	- 2.75	+ 1.65
Mars...........	- 0.32	- 0.24	+ 0.09	- 0.33
Avril..........	- 0.32	- 0.13	- 1.77	+ 1.64
Mai............	+ 0.11	+ 0.41	- 0.04	+ 0.45
Juin...........	+ 0.07	+ 0.43	- 0.23	+ 0.66
Juillet..........	+ 0.34	+ 0.86	+ 0.69	+ 0.17
Août...........	+ 1.75	+ 2.07	+ 2.52	- 0.45
Septembre......	+ 0.29	+ 0.40	+ 0.70	- 0.30
Octobre.........	+ 1.80	+ 1.70	+ 2.32	- 0.62
Novembre......	+ 1.50	+ 1.61	+ 2.30	- 0.69
Décembre.......	- 2.05	- 2.00	- 4.63	+ 2.63
Hiver..........	+ 0.38	+ 0.49	+ 0.50	- 0.01
Printemps......	- 0.17	+ 0.02	- 0.56	+ 0.58
Été............	+ 0.73	+ 1.13	+ 1.02	+ 0.11
Automne.......	+ 1.20	+ 1.25	+ 1.78	- 0.53
Année météorol.	+ 0.54	+ 0.73	+ 0.69	+ 0.04
» civile....	+ 0.34	+ 0.52	+ 0.05	+ 0.47

du moins l'*année météorologique* : les excédents de température pour cette année-là et pour les deux stations sont + 0°.54 et + 0°.69. Ils sont beaucoup moindres pour l'*année civile* à cause du froid du mois de décembre 1906 : + 0°.34 et + 0°.05 seulement.

Seul d'entre les saisons, le printemps est un peu trop froid, et c'est l'automne qui est relativement la saison la plus chaude aux deux stations. Le mois le plus froid a été, aux deux stations, février pour l'année météorologique et décembre 1906 pour l'année civile. Le mois le plus chaud a été août. Voici du reste les chiffres pour les mois extrêmes et l'*amplitude annuelle* aux deux stations :

	Genève	Grand Saint-Bernard
Février 1906	+ 0°.40	— 11°.36
Août »	+ 19°.66	+ 8°.50
Amplitude	19°.26	19°.86

L'amplitude est la même au Saint-Bernard qu'en 1905 ; elle est sensiblement moindre à Genève.

A *Genève* il n'y a que les trois mois de février à avril qui présentent des écarts négatifs. Il s'y joint, pour l'année civile, le mois de décembre avec un écart négatif marqué de plus de deux degrés. Les neuf autres mois ont des écarts positifs qui se rapprochent de deux degrés pour janvier, août et octobre. Ce dernier mois a été donc de nouveau doux (+ 11°.68) après le mois d'octobre remarquablement froid de 1905 (+ 6°.04). — Au *Grand Saint-Bernard*, il y a quatre mois avec des écarts négatifs pour l'année météorologique et huit avec des écarts positifs. A signaler : parmi les premiers, celui de février (— 2°.75) puis celui de décembre 1906, pour l'année civile (— 4°.63); et parmi les derniers, ceux de décembre 1905, août, octobre et novembre qui sont compris entre deux et trois degrés.

2° *Température de cinq en cinq jours à Genève.*

Le *tableau V* fournit les températures moyennes par *pentades* et, comme précédemment, pour *l'année civile* seule, du 1er janvier au 31 décembre 1906. A côté des températures, figure l'*écart* avec les températures calculées d'après la formule déduite par E. Plantamour de l'étude des cinquante années de 1826 à 1875. Lorsque l'écart observé dépasse la limite de l'écart probable calculé, et constitue ainsi une *anomalie*, le chiffre de l'écart est mis entre parenthèses dans le tableau.

Sur les 73 pentades, 42 présentent un écart positif et 31 un écart négatif, ce qui correspond à l'excédent

V. Température de 5 en 5 jours. Genève, 1906.

Date	Température moy.	Différence avec la formule	Date	Température moy.	Différence avec la formule
	°	°		°	°
1– 5 Janvier	+ 1.23	+1.49	30– 4 Juillet	+16.52	(-1.76)
6–10 id.	6.56	(+6.88)	5– 9 id.	18.15	-0.39
11–15 id.	3.63	(+3.93)	10–14 id.	16.38	(-2.35)
16–20 id.	+ 4.06	(+4.26)	15–19 id.	20.72	(+1.87)
21–25 id.	– 3.49	(-3.46)	20–24 id.	21.61	(+2.71)
26–30 id.	– 1.28	-1.49	25–29 id.	19.81	+0.94
31– 4 Février	+ 1.35	+0.84	30– 3 Août	22.85	(+4.08)
5– 9 id.	– 1.41	(-2.28)	4– 8 id	20.97	(+2.38)
10–14 id.	– 1.16	(-2.44)	9–13 id.	19.40	+1.05
15–19 id.	– 1.09	(-2.83)	14–18 id.	18.39	+0.36
20–24 id.	+ 0.37	-1.86	19–23 id.	17.55	-0.10
25– 1 Mars	4.82	(+2.06)	24–28 id.	20.06	(+2.85)
2– 6 Mars	5.16	+1.84	29– 2 Septemb.	19.51	(+2.81)
7–11 id.	7.85	(+3.95)	3– 7 id.	21.50	(+5.37)
12–16 id.	5.37	+0.87	8–12 id.	18.47	(+2.95)
17–21 id.	+ 4.74	-0.39	13–17 id.	13.40	+1.45
22–26 id.	– 0.35	(-6.12)	18–22 id.	11.36	(-2.77)
27–31 id.	+ 3.21	(-3.22)	23–27 id.	10.92	(-2.45)
1– 5 Avril	+ 5.21	(-1.89)	28– 2 Octobre	9.97	(-2.60)
6–10 id.	9.57	+1.78	3– 7 id.	14.93	(+3.19)
11–15 id.	11.53	(+3.04)	8–12 id.	12.50	(+1.62)
16–20 id.	10.96	+1.77	13–17 id.	9.52	-0.48
21–25 id.	7.87	(-2.04)	18–22 id.	11.48	(+2.37)
26–30 id.	6.76	(-3.87)	23–27 id.	11.77	(+3.56)
1– 5 Mai	10.10	-1.25	28– 1 Novemb.	9.75	(+2.43)
6–10 id.	14.00	(+1.93)	2– 6 id.	7.79	+1.35
11–15 id.	15.64	(+2.86)	7–11 id.	8.08	(+2.51)
16–20 id.	8.85	(-4.64)	12–16 id.	4.54	-0.20
21–25 id.	11.16	(-3.01)	17–21 id.	6.59	(+2.64)
26–30 id.	18.41	(+3.58)	22–26 id.	4.62	+1.42
31– 4 Juin	15.91	+0.45	27– 1 Décemb.	3.62	+1.11
5– 9 id.	13.64	(-2.42)	2– 6 id.	4.08	+2.20
10–14 id.	14.73	(-1.88)	7–11 id.	0.23	-1.09
15–19 id.	17.21	+0.10	12–16 id.	+ 1.01	+0.17
20–24 id.	19.66	(+2.09)	17–21 id.	– 2.55	(-2.99)
25–29 id.	21.46	(+3.50)	22–26 id.	– 4.85	(-4.97)
			27–31 id.	– 6.44	(-6.33)

de température de l'année 1906 sur la normale. Le nombre des écarts qui dépassent la limite de l'écart probable est de 27 pour les positifs, et de 21 pour les négatifs. Les premiers sont surtout marqués en janvier, août, septembre et octobre ; les derniers surtout en février et en décembre.

Il n'y a pas, cette année, comme en 1905, de longues périodes de chaleur ou de froid relatifs. La plus longue période de chaleur relative est seulement de sept pentades, du 15 juillet au 18 août ; et les plus longues périodes de froid relatif sont seulement de quatre pentades, du 5 au 24 février, du 17 mars au 5 avril et du 13 septembre au 2 octobre.

La pentade la plus chaude est la 43me, celle du 30 juillet au 3 août, avec 22°.85. La plus froide est la dernière, du 27 au 31 décembre, avec — 6°.44. Le plus fort écart positif, + 6°.88, tombe sur la 2me pentade, du 6 au 10 janvier ; le plus fort écart négatif, — 6°.33, tombe sur la plus froide, la dernière. La plus forte hausse de température, + 6°.59 a eu lieu entre la 29me et la 30me pentade, à la fin de mai ; et la plus forte baisse de température, — 7°.72, entre la 4me et la 5me, vers la fin de janvier ; il y eu également une importante baisse de température, de — 7°.50 entre la 27me et la 28me pentade en mai, immédiatement *après* la période soi-disant critique des saints de glace.

3° *Moyennes diurnes. — Anomalies.*

Le *tableau VI* fournit la classification des jours de l'année à *Genève*, suivant leurs températures moyennes et conformément à la terminologie introduite par Plantamour. Il en résulte que, dans l'année météorologique,

VI. Classement des températures diurnes. — GENÈVE, 1906.

Période	Nombre de jours: très froids	froids		tempérés		chauds		très chauds	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	− 10° à − 5	− 5° à 0	0° à + 5	+ 5° à + 10	+ 10° à + 15	+ 15° à + 20	+ 20° à + 25	+ 25° à + 30		
Décembre 1905	—	10	19	2	—	—	—	—	− 3°.35 le 26	+ 5°.55 le 30
Janvier 1906	1	12	9	9	—	—	—	—	− 5.85 le 24	8.50 le 18
Février	1	13	12	2	—	—	—	—	− 5.89 le 16	7.74 le 27
Mars	—	3	13	14	1	—	—	—	− 1.68 le 24	10.01 le 16
Avril	—	—	2	16	12	—	—	—	+ 3.49 le 4	12.96 le 13
Mai	—	—	—	8	14	6	3	—	6.24 le 19	22.23 le 30
Juin	—	—	—	—	10	14	5	1	11.63 le 3	25.19 le 28
Juillet	—	—	—	—	2	15	14	—	12.80 le 13	24 21 le 19
Août	—	—	—	—	2	16	12	1	14.33 le 19	25.34 le 3
Septembre	—	—	—	5	14	2	9	—	9.11 le 26	22.65 le 9
Octobre	—	—	—	7	22	2	—	—	7.24 le 15	18.37 le 3
Novembre	—	—	10	19	1	—	—	—	+ 2.00 le 26	10.70 le 18
Décembre	6	15	8	2	—	—	—	—	− 8.78 le 28	6.04 le 5
Année mét.	2	38	65	82	78	55	43	2	− 5.89 le 16 février	25.34 le 3 août.
» civile	8	43	51	82	78	55	43	2	− 8.78, 28 déc.	id.

il y a eu 40 jours dont la température moyenne a été au dessous de zéro, dont deux *jours très froids* seulement en janvier et en février. (Il y en a eu six de plus, en décembre 1906, pour l'année civile). Il y en avait eu 32 en 1905, 41 en 1904, 37 en 1903, 31 en 1902 et 33 en 1901. — Il y a eu deux *jours très chauds* cette année, les 28 juin et 3 août.

Le *tableau VII* fournit une classification analogue pour le *Grand Saint-Bernard*. La très longue série des jours où la température moyenne diurne est restée au-dessous de zéro s'étend du 28 septembre 1905 au 3 mai 1906, avec des interruptions à peine sensibles les 29 octobre, 8 décembre 1905, 5 et 18 mars 1906. — La température moyenne n'est, d'autre part, pas descendue au-dessous de zéro pendant une assez longue période de l'été, du 6 juin au 11 septembre, avec cependant deux refroidissements au-dessous de zéro, les 13 et 14 juillet et le 19 août.

Ces deux tableaux fournissent également, pour chaque mois et pour l'année, les dates des jours les plus froids et les plus chauds. L'écart entre les températures diurnes extrêmes est moins fort cette année qu'en 1905 ; il est de 31°.2 pour Genève et de 31°.1 pour le Grand Saint-Bernard.

L'*anomalie* résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station de montagne que dans la station de plaine, anomalie qui ne se présente qu'en hiver, par un temps clair et sec au Saint-Bernard et du brouillard à Genève, ne s'est manifestée qu'à deux reprises en 1906 : les 28 et 29 janvier où la température moyenne était de + 0°.5 et de + 0°.2 plus élevée au Saint-Bernard ; puis du 24 au 26 novembre où les excédents de tem-

VII. Classement des températures diurnes. — SAINT-BERNARD, 1906.

PÉRIODE	− 20° et −15	− 15° et − 10	− 10° et − 5	− 5° et 0	0° et + 5	+ 5° et + 10	+ 10° et + 15	Jour le plus froid	Jour le plus chaud
Décembre 1905	—	—	11	19	1	—	—	− 9°.7 le 27	+ 0°.6 le 8
Janvier 1906	3	6	13	9	—	—	—	−17.4 le 23	− 0.8 le 28
Février	4	14	9	1	—	—	—	−16.7 le 9	− 2.8 le 26
Mars	—	9	11	8	3	—	—	−14.2 le 13	+ 1.1 le 5
Avril	—	2	12	16	—	—	—	−13.5 le 4	− 0.3 le 16
Mai	—	—	2	8	17	4	—	− 7.2 le 1	+ 9.4 le 31
Juin	—	—	—	4	14	10	2	− 2.4 le 2	10.7 le 26
Juillet	—	—	—	2	5	16	8	− 1.2 le 13	11.4 le 22
Août	—	—	—	1	3	15	12	− 0.7 le 19	13.7 le 2
Septembre	—	—	—	7	12	2	9	− 2.9 le 17	11.8 le 8
Octobre	—	—	—	10	15	6	—	− 4.1 le 30	6.2 le 4
Novembre	—	1	9	14	4	2	—	−10.6 le 20	+ 7.0 le 25
Décembre	7	16	6	2	—	—	—	−19.8 le 29	− 3.7 le 3
Année mét.	7	32	67	99	74	55	31	−17.4 le 23 janv.	+13.7 le 2 août
» civile	14	48	62	82	73	55	31	−19.8 le 29 déc. 06	id.

pérature de la station élevée ont été de + 0°.3, + 1°.9 et + 1°.1.

4° *Températures extrêmes.*

Les *tableaux VIII* et *IX* fournissent, pour les deux stations, les températures extrêmes indiquées par les thermomètres à minimum et à maximum. A *Genève*, le minimum absolu est de 2 degrés plus élevé que le minimum moyen des 50 années de 1826 à 1875 (— 13°.3). Le maximum absolu est en revanche sensiblement plus élevé que le maximum absolu moyen (+ 32°.5). L'oscillation extrême de la température, 46°.3 est à peine supérieure à l'oscillation moyenne (45°.8). — Au *Grand Saint-Bernard*, l'oscillation extrême est de 40°.8, sensiblement inférieure à celles des deux années précédentes.

Ces tableaux fournissent en outre, pour les deux stations, les nombres de *jours de gelée*, où le minimum est descendu au-dessous de zéro, et de *jours de non dégel*, où le maximum est resté au dessous de zéro. A Genève ces deux nombres sont sensiblement inférieurs aux nombres moyens des 50 années de 1826 à 1875 (91 et 21).

La dernière *gelée blanche à glace* du printemps à Genève a eu lieu le 4 avril. La première gelée blanche à glace de l'automne a eu lieu le 21 novembre.

Au *Grand Saint-Bernard*, le petit lac près de l'hospice a été complétement dégelé le 1er juillet et il s'est congelé à nouveau le 20 novembre.

5° *Température du Rhône.*

Le *tableau X* fourni les documents habituels sur la

VIII. Températures extrêmes. GENÈVE, 1906.

PÉRIODE	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
Déc. 1905	− 4°.8	le 14	+11°.2	le 8	19	3
Janvier 1906..	− 7.2	le 24	13.5	le 13	22	6
Février.......	−11.0	les 16 et 17	13.2	le 27	22	1
Mars.........	− 5.0	le 26	17.5	le 16	13	0
Avril.........	− 1.0	les 1 et 2	19.7	le 11	3	0
Mai..........	+ 2.5	le 1	32.0	le 31	0	0
Juin	6.0	le 4	33.0	le 27	0	0
Juillet	6.8	le 14	33.6	le 19	0	0
Août..........	6.8	le 20	35.3	le 14	0	0
Septembre....	2.1	le 27	34.8	le 5	0	0
Octobre......	+ 2.8	le 17	25.0	le 3	0	0
Novembre	− 2.0	le 21	14.5	le 1	3	0
Décembre	−16.0	le 31	9.8	le 5	26	11
Année mét. ..	−11.0	les 16 et 17 fév.	35.3	le 14 août	82	10
» civile...	−16.0	le 31 déc.		id.	89	18

IX. Températures extrêmes. SAINT-BERNARD, 1906.

PERIODE	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Nombre de jours: Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours: Maximum au-dessous de 0°.
Déc. 1905....	−13°.4	le 31	+ 3°.2	le 9	31	26
Janvier 1906..	−21.2	le 24	2.2	les 13 et 28	31	25
Février.......	−21.8	le 10	1.7	le 26	28	27
Mars.........	−19.2	le 25	5.7	le 18	31	22
Avril.........	−15.5	le 4	4.4	le 16	30	21
Mai..........	−12.1	le 2	15.0	le 31	23	3
Juin	− 6.0	le 3	15.2	le 26	12	0
Juillet........	− 2.5	le 14	16.1	le 23	3	0
Août.........	− 2.2	le 19	19.0	le 2	3	0
Septembre....	− 9.8	le 19	16.6	le 3	14	1
Octobre	− 5.8	le 16	10.0	le 5	14	3
Novembre	−14.0	le 21	+ 9.2	le 25	26	20
Décembre	−23.0	le 30	− 0.8	le 1	31	31
Année mét....	−21.8	le 10 févr.	+19.0	le 2 août	246	148
» civile...	−23.0	le 30 déc.		id.	246	153

X. Température du Rhône. 1906.

PÉRIODE	Moyenne.	Écarts avec la valeur normale.	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1905 . .	5.63	− 0.98	4.9 le 28	7.2 le 1	+ 4.46
Janvier 1906 . . .	4.50	− 0.61	1.8 le 24	5.8 le 9	+ 2.76
Février	3.96	− 1.00	2.9 le 7	5.0 le 26	+ 3.56
Mars	4.89	− 1.23	4.0 les 1 et 2	6.0 le 13	+ 0.61
Avril	7.24	− 1.54	5.0 les 2 et 3,	8.6 le 14	− 1.41
Mai	11.04	− 0.68	7.5 le 3	16.0 le 31	− 2.27
Juin	14.51	− 0.83	9.0 le 4	18.0 les 22 et 29	− 2.37
Juillet	18.04	− 0 05	13.9 le 3	21.3 le 31	− 1.11
Août	19.24	+ 0.59	15.9 le 17	23.0 le 9	− 0.42
Septembre.	16.62	− 0.45	10.4 le 19	21.3 le 7	+ 1.67
Octobre	14.07	+ 0.09	13.3 le 15	15.0 le 3	+ 2.39
Novembre	10.08	+ 0.45	6.8 le 24	13.5 le 1	+ 4.03
Décembre	5.94	− 0.67	4.0 les 24, 26, 28 et 29	8.0 le 6	+ 7.19
Année météorolog.	10.93	− 0.41	1.8 le 24 janvier.	23.0 le 9 août.	+ 1.05
» civile. . . .	10.96	− 0.39	id.	id.	+ 1.28

température du Rhône prise, comme antérieurement, vers midi, à la sortie du lac sous le pont des Bergues, à une profondeur de 1 mètre au dessous de la surface de l'eau.

III. Pression atmosphérique.

Genève. — Comme je l'annonçais dans le résumé de l'année 1903, le baromètre de Fuess n° 1492/57, qui sert de baromètre normal depuis décembre 1902, a été vérifié le 30 janvier 1904 et sa correction, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich, est de + 0^{mm}.21. L'altitude du zéro de l'échelle est de 404^{mm}.96, la même que pour l'ancien baromètre de Noblet, en admettant 373^{m}.60 pour la cote absolue du repère de la pierre du Niton.

Les six observations diurnes de 7 h. du matin à 10 h. du soir se font directement au baromètre de Fuess. Les indications pour les deux observations nocturnes de 1 h. et 4 h. du matin, ainsi que les valeurs des minima et des maxima, sont relevées sur les diagrammes du barographe à enregistrement continu de Redier, ou, subsidiairement, sur ceux du barographe horaire de Hipp.

La moyennne des huit observations trihoraires donne la *moyenne diurne* de la pression atmosphérique. Les *moyennes mensuelles* et *annuelles* sont directement déduites de ces moyennes diurnes.

Grand Saint-Bernard. — Depuis 1904, les trois observations directes diurnes sont faites au nouveau baromètre de Fuess, n° 1570/100, installé à l'hospice le 5 octobre 1903 à côté de l'ancien baromètre de

Gourdon. La correction de ce baromètre, par rapport au baromètre normal du bureau météorologique de Zurich est de $+ 0^{mm}.75$. Son altitude résultant, comme je l'ai dit plus haut, du nouveau nivellement de précision exécuté en 1906, est de $2475^{m}.8$. — Les valeurs des minima et des maxima de la pression sont relevées sur le barographe horaire de Hottinger, décrit dans le résumé de 1884.

1° *Moyennes générales. — Variation diurne. — Écarts.*

Le *tableau XI* donne, pour *Genève*, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les treize mois, les saisons et l'année, météorologique et civile ; il donne en outre, pour toutes ces périodes, la variation diurne exprimée par les différences entre les moyennes générales et les moyennes des huit observations trihoraires.

Le *tableau XII* fournit les indications analogues pour le *Grand Saint-Bernard*, mais la variation diurne n'est plus exprimée qu'assez incomplètement par la différence entre les moyennes générales et les moyennes des *trois* observations diurnes.

Le *tableau XIII* donne les résultats de la comparaison entre les moyennes mensuelles et annuelles et les valeurs normales déduites par E. Plantamour des années de 1836 à 1875 pour Genève, et des années de 1841 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard.

Aux deux stations, la moyenne annuelle est supérieure à la moyenne générale, surtout pour l'année météorologique, et davantage encore que pour l'année 1905. La grande majorité des écarts sont positifs, dix pour Genève et onze pour le Saint-Bernard. — L'écart

XI. Pression atmosphérique. — GENÈVE, 1906.

PÉRIODE	Hauteur moyenne	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1905	733.27	+0.23	+0.20	+0.12	+0.60	-0.33	-0.58	-0.29	+0.05
Janvier 1906 .	730.84	+0.12	+0.10	+0.21	+0.46	-0.40	-0.70	+0.02	+0.19
Février	723.63	+0.18	0.00	+0.08	+0.29	-0.14	-0.54	-0.08	+0.21
Mars	726.48	+0.22	+0.04	+0.05	+0.36	-0.15	-0.66	-0.16	+0.30
Avril	727.02	+0.46	+0.30	+0.51	+0.38	-0.16	-0.91	-0.51	-0.07
Mai	724.73	+0.18	+0.05	+0.42	+0.33	-0.21	-0.72	-0.35	+0.30
Juin	727.95	+0.29	+0.25	+0.48	+0.17	-0.35	-0.70	-0.43	+0.29
Juillet	728.08	+0.36	+0.23	+0.40	+0.33	-0.24	-0.80	-0.55	+0.27
Août.	729.42	+0.30	+0.25	+0.53	+0.42	-0.20	-0.83	-0.63	+0.16
Septembre . .	730.20	+0.29	+0.30	+0.60	+0.51	-0.18	-0.99	-0.61	+0.08
Octobre	726.97	+0.49	+0.40	+0.53	+0.54	-0.36	-0.96	-0.43	-0.21
Novembre . . .	727.64	-0.20	-0.22	+0.21	+0.47	-0.15	-0.35	-0.01	+0.25
Décembre . . .	726.16	+0.13	+0.09	+0.11	+0.54	-0.46	-0.49	-0.07	+0.15
Hiver	729.44	+0.17	+0.11	+0.13	+0.46	-0.29	-0.61	-0.12	+0.15
Printemps. . .	726.06	+0.28	+0.13	+0.33	+0.33	-0.17	-0.75	-0.34	+0.19
Eté	728.49	+0.31	+0.25	+0.47	+0.31	-0.26	-0.78	-0.54	+0.24
Automne . .	728.26	+0.20	+0.16	+0.45	+0.51	-0.23	-0.77	-0.35	+0.03
Année météor.	728.05	+0.24	+0.16	+0.35	+0 40	-0.24	-0.73	-0.33	+0.15
Année civile. .	727.45	+0.23	+0.15	+0.35	+0.40	-0.25	-0.72	-0.32	+0.16

XII. Pression atmosphérique. — Saint-Bernard, 1906.

Période	Hauteur moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm	mm	mm	mm
Décembre 1905.	566.87	+0.03	-0.08	+0.04
Janvier 1906 . .	563.98	-0 12	-0.08	+0.19
Février	556.71	-0.23	+0.08	+0.16
Mars	560.80	-0.33	-0.04	+0.37
Avril	563.48	-0.17	-0.03	+0.21
Mai.	563.89	-0.44	-0.04	+0.48
Juin	567.88	-0.23	0.00	+0.24
Juillet	569.68	-0.42	+0.03	+0.38
Août	571.29	-0.21	-0.04	+0.26
Septembre . . .	569.48	-0.03	-0.09	+0.12
Octobre.	566.65	-0.02	-0.01	+0.03
Novembre . . .	564.61	-0.37	+0.12	+0.26
Décembre . . .	558.03	-0.10	+0.01	+0.10
Hiver	562.72	-0.10	-0.01	+0.12
Printemps . . .	562.71	-0.31	-0.04	+0.35
Été	569.63	-0.29	0.00	+0.29
Automne	566.91	-0.14	+0.01	+0.13
Année météor .	565.51	-0.21	-0.01	+0.23
Année civile . .	564.75	-0.22	-0.01	+0.23

XIII. Pression atmosphérique. — Écarts, 1906.

Période.	Genève.	Saint-Bernard.	Genève–St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1905......	+ 5.31	+ 4.55	+ 0.76
Janvier 1906	+ 3.47	+ 3.49	- 0.02
Février	- 3.21	- 3.53	+ 0.32
Mars	+ 1.45	+ 1.09	+ 0.36
Avril	+ 2.25	+ 1.85	+ 0.40
Mai	- 0.51	+ 0.05	- 0.56
Juin	+ 0.76	+ 0.77	- 0.01
Juillet	+ 0.43	+ 1.20	- 0.77
Août	+ 1.76	+ 2.89	- 1.13
Septembre	+ 2.57	+ 2.03	+ 0.54
Octobre	+ 0.46	+ 2.05	- 1.59
Novembre	+ 1.79	+ 2.58	- 0.79
Décembre	- 1.80	- 4.29	+ 2.49
Année météor.......	+ 1.41	+ 1.63	- 0.22
Année civile	+ 0.81	+ 0.87	- 0.06

positif le plus fort est, pour les deux stations, en décembre 1905 ; l'écart négatif le plus fort en février et, pour le Saint-Bernard, en décembre 1906. — La discordance entre les deux stations est maximum dans un sens au mois d'octobre, dans l'autre au mois de décembre 1906.

2° Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique. Les *tableaux XIV* et *XV* donnent les minima et les maxima absolus pour les treize mois et pour l'année aux deux stations.

A *Genève*, les extrêmes moyens et absolus ont les valeurs suivantes :

			mm.
minimum extrême moyen	:	705.05	
» » absolu	:	700.16	(26 XII 1856)
maximum extrême moyen	:	741.03	
» » absolu	:	748.71	(17 I 1882)

Le minimum absolu de l'année météorologique 1906 se rapproche beaucoup de sa valeur moyenne. Le maximum absolu dépasse un peu le maximum moyen. L'amplitude annuelle totale est donc pour ainsi dire égale à l'amplitude moyenne.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'amplitude annuelle totale a presque la même valeur que dans les deux années précédentes ; elle est donc, comme celles-ci, intermédiaire entre ce qu'elle était aux deux années antérieures, elle était de 39^{mm}.8 en 1903 et de 28^{mm}.4 en 1902.

XIV. Pressions extrêmes. GENÈVE, 1906.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1905 ...	717.2	le 29	741.2	le 12	24.0
Janvier 1906 .	714.0	le 8	737.7	le 28	23.7
Février	711.5	le 11	736.0	le 1	24.5
Mars	708.5	le 23	739.7	le 7	31.2
Avril	711.6	le 18	734.9	le 2	23.3
Mai	713.1	le 17	733.5	le 28	20.4
Juin.........	720.1	le 1	734.1	le 20	14.0
Juillet	721.2	le 5	732.9	le 8	11.7
Août	721.8	le 14	734.8	le 5	13.0
Septembre ...	720.3	le 15	739.7	le 27	19.4
Octobre......	706.3	le 31	733.0	le 23	26.7
Novembre....	708.1	le 1	742.4	le 24	34.3
Décembre ...	705.7	le 26	736.5	le 21	30.8
Année météor.	706.3 le 31 octobre.		742.4 le 24 novembre.		36.1
Année civile..	705.7 le 26 déc.			id.	36.7

XV. Pressions extrêmes. GRAND St-BERNARD, 1906.

Période.	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm.
Déc. 1905 ...	552.5	le 28	572.8	le 8	20.3
Janvier 1906..	551.0	le 8	572.0	le 28	21.0
Février	548.2	le 12	567.2	le 1	19.0
Mars	544.3	le 23	575.0	le 7	30.7
Avril	550.6	le 27	571.8	le 11	21.2
Mai..........	552.0	le 17	575.3	le 28	23.3
Juin.........	561.3	le 15	574.7	le 27	13.4
Juillet	562.9	le 5	574.2	le 17	11.3
Août.........	564.3	le 18	576.1	le 2	11.8
Septembre ...	562.5	le 16	575.9	le 10	13.4
Octobre	550.2	le 31	572.4	le 23	22.2
Novembre....	550.1	le 1	578.9	le 24	28.8
Décembre....	543.8	le 26	569.6	le 3	25.8
Année météor.	544.3 le 23 mars.		578.9 le 24 nov.		34.6
Année civile..	543.8 le 26 déc. 06.			id.	35.1

(A suivre.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

O. Arendt. Die elektrische Wellentelegraphie. *Telegraphen- und Fernsprech-Technik*. Heft II. Fr. Vieweg & Sohn Braunschweig 1907.

Nous avons là le second volume d'une nouvelle série de monographies que la maison Vieweg & Fils de Brunswick a entrepris d'éditer sous le titre général de *Telegraphen- und Fernsprech-Technik* et sous la direction de M. Th. Karrass. Le premier volume de cette collection était intitulé *Maschinen-Telegraphen*. Celui que nous annonçons ici est dû à la plume très compétente de M. O. Arendt, inspecteur des télégraphes, à Berlin. Il est illustré d'une planche et de 139 figures dans le texte, dont plusieurs très grandes et très parlantes.

Le nombre des personnes qui sont appelées à mettre en pratique la belle découverte de Marconi, issue elle-même de celle des ondulations électriques par Hertz, devient chaque jour plus grand, tant dans la vie civile et les administrations publiques, que dans l'armée et la marine. C'est à leur révéler tous les secrets de cette branche nouvelle si importante de la physique appliquée qu'ils ont à mettre en pratique qu'est destiné le beau livre de M. Arendt et il atteint en effet admirablement ce but. Son exposé très clair, fondé sur une base scientifique très solide met à la portée de tous nos connaissances sur la propagation ondulatoire de l'électricité et les conséquences pratiques que d'innombrables inventeurs s'efforcent d'en tirer chaque jour. Les derniers progrès réalisés sont exposés là, en faisant entrevoir bien d'autres encore, dont la science, leur inspiratrice, pourra être fière.

Augusto Righi. Sulla deviazione dei ioni generanti le scintille dovuta ad un campo elettrico trasversale. Memoria letta alla *R. Acc. d. Sc. dell'Ist. di Bologna*, nella Sess. del 26 maggio 1907. Bologna Tip. Gamberini e Parmeggiani, 1907.

Le professeur Righi, dans ce Mémoire illustré par 5 figures, commence par rappeler ses précédentes recherches expérimentales sur les décharges électriques qu'il a publiées successivement depuis 1876, ensuite il établit la corrélation entre les anciennes théories et les actuelles, met en évidence l'utilité de l'étude du sujet et décrit la nouvelle disposition expérimentale adoptée. La partie essentielle de l'appareil est un grand ballon en verre de 25 cent. de diamètre en communication avec une machine pneumatique et muni d'un manomètre, pour mesurer la pression de l'air desséché introduit dans le ballon. Celui-ci porte adhérent aux parois intérieures deux calottes sphériques de laiton recuit, constituant à l'aide de serrefils extérieurs les deux disques opposés d'un champ électrique transversal et horizontal qui agit sur les décharges éclatant entre deux tiges verticales, munies d'ajoutages interchangeables pour varier la forme des électrodes, sphères, pointes ou disques.

Après avoir énoncé quelques expériences préliminaires l'auteur passe à la description des plus importantes et en indique les principaux résultats obtenus en trois paragraphes, sous les titres : — Électrodes sphériques de même diamètre. — Pointe positive et disque négatif. — Pointe négative et disque positif.

L'action du champ électrique transversal fait dévier la flamme de la décharge dans tous les cas décrits, avec des modifications interprétées par l'auteur qui conclut, d'après le sens de la déviation par rapport à la direction du champ et au signe des électrodes, que dans l'air rarefié, comme dans l'air à la pression ordinaire, mais d'une façon plus marquée, la ionisation par choc commence toujours par l'action des ions négatifs.

Th. T.

M. Levin. Le rayonnement de l'Urane X. (*Phys. Zeit.*, n° 18, p. 586, 1907).

Les rayons de l'urane X ont été l'objet de nombreuses recherches au cours des dernières années. L'on avait cru d'abord que l'urane X émet uniquement des rayons β. Puis l'on trouva qu'il en émet d'autres, plus facilement absorbables, qu'on désigna sous le nom de rayons α.

L'auteur constate que ces rayons émis par l'uranium sont facilement déviés dans le champ magnétique, et qu'il faut par conséquent les considérer plutôt comme des rayons β facilement absorbables. Il a fait des recherches pour savoir si à côté de ce rayonnement β spécial, il y a encore un rayonnement α. Il mesura l'absorption au moyen de feuilles d'Al de 0.5×10^{-4} cm. d'épaisseur et d'un électroscope d'après H. W. Schmid. Il déduit de ses mesures que le rayonnement en question ne peut pas être dû à des rayons α, car, si c'était le cas, l'activité absolue de l'urane X devrait être beaucoup plus considérable et le rapport entre l'ionisation due aux rayons absorbables et celle due aux rayons α pénétrant devrait être d'un tout autre ordre de grandeur que celui mesuré par l'auteur.

D'autres expériences ont été faites selon la méthode de Bragg et Kleemann qui consiste à mesurer l'ionisation produite par les rayons d'un produit radioactif par centimètre de leur trajectoire à différentes distances de la source du rayonnement. Il a été démontré que tous les rayons α perdent subitement leur faculté ionisante à une certaine distance de la source, et que cette distance est caractéristique pour une substance homogène. Les mesures ont démontré que le rayonnement de l'urane X ne contient pas de rayonnement α.

CHIMIE.

G. Urbain. Un nouvel élément : le lutecium résultant du dédoublement de l'ytterbium de Marignac (*Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 4 novembre 1907).

Les travaux de Marignac sur l'ytterbium avaient démontré l'extrême complexité de cette terre yttrique. En la sou-

mettant à des fractionnements méthodiques M. Urbain est parvenu à déboubler l'ytterbium de Marignac en deux éléments auxquels il a donné les noms de *neo-ytterbium* (Ny) et de *lutecium* (Lu); les poids atomiques des deux éléments sont 170 et 174; tous deux sont caractérisés par des spectres qui permettent de les différencier nettement.

P. G.

BOTANIQUE

Ed. de Janczewski. Monographie des groseillers, *Ribes L.* Avec 202 figures dans le texte. (*Mém. soc. phys. et hist. nat. de Genève*, vol. 35, fasc. 3, 1907, p. 199-517).

Le genre *Ribes* n'avait pas encore fait l'objet d'un travail d'ensemble de quelque importance. La monographie de M. de Janczewski est donc intéressante en ce qu'elle vient combler une lacune de la botanique descriptive. Elle ne l'est pas moins par la manière très personnelle dont elle a été conçue et exécutée. En effet, l'œuvre de M. de Janczewski se distingue, quant à la forme, de la plupart des travaux similaires, d'abord par le fait que soit les généralités soit la partie descriptive sont entièrement rédigées en français, sauf une courte diagnose latine placée en tête de la description de chacune des espèces. Elle diffère aussi en ce que, afin d'alléger le texte des descriptions, on en a retranché la synonymie pour en faire un index séparé. Cette disposition est heureuse et présente certainement plus d'avantages que d'inconvénients. Pour ce qui est du fond de son œuvre, il faut faire ressortir que M. de Janczewski a cultivé et étudié sur le vivant plus de la moitié des 133 espèces admises par lui. En outre, l'utilisation pratique de la monographie sera grandement facilitée par le grand nombre de vignettes dont elle est illustrée, toutes les espèces, sauf une ou deux, étant figurées dans le texte au moins par une analyse florale. Ajoutons, pour terminer, que les descriptions ne se ressentent d'aucune préoccupation théorique, l'auteur ne hasardant pas d'hypothèses phylogénétiques ou autres qui seraient hors de place dans un travail de ce genre.

A. de C.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1907

Le 1er, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin; fort vent dans la journée.
2, pluie dans la nuit.
3, forte pluie de 10 h. à 1 h. et à 7 h. du soir.
4, pluie dans la nuit
6, pluie dans la nuit.
7, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
8, pluie jusqu'à 4 h. du soir.
9, pluie de 1 h. à 4 h. du soir.
12, forte rosée le matin.
13, brouillard à 7 h. du matin.
14, pluie dans la nuit.
15, forte rosée le matin; pluie et fort vent dans la journée; neige sur les montagnes environnantes.
17, pluie dans la nuit.
les 18, 20, 21 et 22, forte rosée le matin.
le 22, brouillard le matin.
24, pluie à 7 h. du matin.
25, pluie à 7 h. et à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.
26, pluie pendant toute la journée.
27, nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
29, rosée le soir.
30, orage à 3 h. 45 et à 4 h. 25 du matin; pluie jusqu'à 7 h. du matin et à 1 h. du soir.
31, très forte rosée le matin.

GENÈVE — OCTOBRE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Durée d'insolation	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										h.	mm.	
1	23.0	23.6	23.2	23.03	- 3.83	21.9	23.9	SSW. 1	SSW. 3	S. 0	SSW. 1	**6.5**	10	5	2	5	5.0	7.3	4
2	25.3	25.1	24.3	24.60	- 2.23	23.4	25.6	N 1	SSW. 2	SW. 1	SSW. 1	5.6	10	2	5	6	5.7	....	...
3	19.2	18.1	20.6	19.93	- 6.86	18.0	23.0	SSW. 1	SSW. 1	SSW. 1	var.	3.4	10	10	10	10	....	18.9	8
4	22.1	22.7	25.2	22.76	- 4.00	20.6	26.0	S. 1	N. 2	S. 1	var.	2.6	0	1	0	0	**9.2**	....	...
5	27.4	27.6	30.1	27.85	+ 1.12	26.0	30.1	SW. 1	N. 1	SSW. 1	N. 1	3.1	10	7	10	9	4.5	1.0	1
6	28.4	26.7	26.6	27.54	+ 0.85	25.7	29.1	N 1	NNE. 1	S. 1	var.	2.3	10	2	1	5	5.4	1.4	1
7	25.0	23.2	22.3	23.72	- 2.93	21.9	25.7	W. 1	SW. 1	S. 1	var.	4.2	10	10	10	10	....	5.0	4
8	19.2	19.3	21.1	20.15	- 6.48	19.0	22.0	NW. 1	NW. 1	S. 0	var.	3.6	10	10	10	10	....	**23.7**	10
9	19.5	19.4	22.9	20.40	- 6.20	18.5	24.0	N. 1	SSW. 1	S. 1	var.	3.3	10	10	10	9	....	3.0	3
10	26.8	28.3	30.6	27.79	+ 1.22	24.4	30.8	SW. 0	SSW. 1	SW. 0	SSW 1	3.4	3	3	1	2	9.1	....	...
11	32.6	32.9	33.0	**32.39**	**+ 5.85**	30.9	33.4	S. 0	N. 1	S. 0	var.	2.3	7	5	10	7	6.9	....	...
12	33.6	32.2	30.7	32.19	+ 5.68	30.0	**33.6**	S. 0	N. 1	S. 1	var.	2.5	4	7	3	3	5.5	....	...
13	27.6	25.6	25.6	26.73	+ 0.25	24.9	29.8	S. 0	S. 0	S. 0	var.	2.3	10	10	0	7	1.3	0.8	1
14	21.1	19.4	18.3	20.47	- 5.98	18.2	24.6	SW. 1	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	4.1	10	6	0	6	2.9	....	...
15	15.7	20.4	20.5	18.61	- 7.81	15.6	21.0	SW. 1	SSW. 2	SW. 0	var.	3.9	5	10	0	7	1.4	16.9	3
16	16.8	12.7	8.9	**13.84**	**-12.56**	**8.5**	20.0	SW. 0	N. 1	S. 0	N. 1	3.8	9	9	10	10	0.4	3.7	10
17	15.1	16.8	20.0	16.28	-10.09	11.6	20.2	NE. 0	N. 1	S. 1	var.	3.4	10	10	10	9	0.3	....	...
18	22.4	22.3	24.9	22.77	- 3.58	20.8	25.0	S. 0	N. 1	S. 0	var.	2.6	0	1	10	5	6.7	....	...
19	27.3	27.6	27.7	27.12	+ 0.79	25.0	27.7	S. 0	N. 1	S. 1	var.	2.9	10	9	9	9	1.1	....	...
20	29.1	29.4	29.7	29.10	+ 2.79	27.8	30.6	W. 0	N. 1	S. 1	var.	2.5	2	6	9	4	6.9	....	...
21	30.6	29.7	28.8	29.76	+ 3.47	28.7	30.7	SW. 1	N. 0	S. 0	var.	2.5	6	10	10	9	1.4	....	...
22	29.2	29.3	28.4	28.82	+ 2.55	28.2	30.2	S. 0	N. 1	SW. 0	var.	2.3	10	7	1	6	6.7	....	...
23	28.0	26.5	25.0	26.76	+ 0.51	24.2	28.3	SW. 0	N. 1	SE. 0	var.	3.0	10	8	10	9	1.4	1.7	1
24	24.3	25.5	26.8	25.36	- 0.88	23.6	27.1	W. 0	SSW. 2	S. 1	SSW. 1	4.5	10	10	10	10	....	1.5	1
25	25.7	25.1	23.4	25.06	- 1.16	23.0	26.9	NE. 0	NNE. 1	NNE. 1	NNE. 1	5.2	10	10	10	10	....	16.9	7
26	20.3	20.6	21.8	21.11	- 5.10	20.3	22.6	W. 0	SW. 1	S. 1	var.	2.4	10	10	10	10	....	14.0	**12**
27	22.9	22.9	22.6	22.78	- 3.42	21.8	23.4	SE. 0	NE. 1	S. 0	var.	4.1	10	6	10	9	2.0	....	...
28	20.8	19.4	19.4	20.18	- 6.00	19.0	22.6	NE. 0	S. 0	SE. 0	calme	1.6	10	10	0	8	....	....	...
29	17.5	16.0	15.0	16.50	- 9.67	14.4	19.0	SE. 0	N. 1	NE. 1	N. 1	2.3	7	8	1	6	3.6	8.6	6
30	15.6	17.2	21.4	16.90	- 9.27	11.5	22.0	SW. 1	SE. 1	NW. 0	SSW. 1	3.3	10	10	3	8	1.0	3.4	3
31	24.5	25.8	27.9	25.21	- 0.95	22.0	28.1	SE. 1	N. 0	SE. 1	calme	0.7	1	6	0	3	7.6	....	...
Mois	23.77	23.58	24.09	23.73	- 2.78							3.23	7.9	7.6	6.0	7.1	96.0	127.8	75

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Ecart avec la normale	Température Min.	Température Max	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de saturation en % Ecart av. la norm.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.	Tempér. du Rhône Midi	Tempér. du Rhône Ecart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+13.5	+18.3	+13.0	**+14.20**	+ 1.79	+10.1	**+19.9**	83	59	90	76	− 5	48	92	15.9	+ 0.2	1692
2	11.7	18.1	12.7	13.84	+ 1.60	10.9	19.0	87	53	79	**72**	− **9**	**44**	93	14.6	− 1.0	1723
3	9.6	10.6	12.4	10.44	− 1.64	8.8	13.6	86	97	86	88	+ 7	70	99	14.8	− 0.6	1645
4	5.2	14.0	9.6	10.06	− 1.85	3.9	15.9	96	57	86	80	− 1	56	98	14.4	− 0.9	1695
5	7.9	13.6	11.7	10.56	− 1.18	6.1	16.0	91	64	85	84	+ 3	60	95	14.8	− 0.4	1710
6	10.4	14.4	9.5	11.54	− 0.03	9.0	16.2	86	63	89	80	− 1	58	93	....	.....	1675
7	10.2	14.4	14.5	12.70	+ 1.30	8.9	16.3	92	86	86	87	+ 6	75	94	14.3	− 0.7	1665
8	12.6	12.9	12.7	12.61	+ 1.41	11.5	15.0	92	99	98	94	+**12**	85	100	15.0	+ 0.2	1645
9	12.2	15.4	11.1	12.56	+ 1.51	10.0	17.0	97	77	97	90	+ 8	68	100	15.0	+ 0.3	1700
10	10.2	18.2	10.0	13.10	+ 2.22	9.0	19.7	88	47	89	75	− 7	45	98	15.3	+ 0.7	1726
11	8.0	13.8	11.8	11.05	+ 0.34	5.9	15.9	97	80	90	88	+ 6	65	99	15.0	+ 0.5	1685
12	9.0	16.7	12.7	13.06	+ 2.53	8.8	19.0	97	69	90	86	+ 4	63	100	15.2	+ 0.9	1702
13	9.0	16.0	13.0	12.27	+ 1.91	8.0	18.3	100	76	90	88	+ 6	62	100	....	.....	1755
14	10.2	17.9	10.4	12.64	+ 2.46	8.9	18.9	97	56	72	80	− 2	50	99	15.0	+ 0.9	1685
15	7.0	6.4	6.8	7.55	− **2.45**	4.0	11.9	94	91	73	87	+ 5	73	98	14.7	+ 0.7	1685
16	6.0	11.0	9.7	8.08	− 1.75	3.0	12.0	97	75	88	89	+ 7	73	99	13.9	+ 0.1	1650
17	7.6	10.6	9.0	9.20	− 0.45	7.0	12.5	86	72	86	82	− 1	65	94	13.9	+ 0.2	1725
18	3.4	10.6	9.3	8.83	− 0.64	**2.8**	14.4	97	77	85	81	− 2	53	98	13.4	− 0.2	1715
19	8.0	13.9	8.7	10.37	+ 1.08	7.5	15.0	89	58	91	80	− 3	47	93	13.5	+ 0.1	1747
20	5.8	13.9	8.7	9.73	+ 0.62	5.0	15.1	97	78	93	85	+ 2	55	98	....	.....	1735
21	5.8	14.7	9.8	10.01	+ 1.08	5.0	16.1	94	72	79	83	0	68	99	13.5	+ 0.3	1715
22	5.6	15.4	10.0	10.29	+ 1.54	5.3	17.0	100	65	95	84	+ 1	58	100	13.7	+ 0.7	1720
23	9.4	16.0	13.5	12.37	+ **3.80**	8.7	17.6	97	77	88	89	+ 6	70	100	13.7	+ 0.8	1705
24	10.3	13.0	10.0	11.31	+ 2.92	9.9	13.9	92	68	79	86	+ 3	65	99	12.9	+ 0.1	1700
25	7.8	10.0	8.3	8.96	+ 0.75	7.8	11.0	89	74	93	84	+ 1	70	94	13.1	+ 0.5	1720
26	7.7	7.4	6.0	**7.23**	− 0.81	5.5	9.0	96	89	100	**95**	+**12**	85	100	13.0	+ 0.5	1713
27	5.4	10.4	8.9	7.58	− 0.28	4.8	12.0	97	69	83	84	+ 1	64	99	....	.....	1715
28	7.7	10.2	7.7	8.75	+ 1.07	7.5	11.2	82	72	90	80	− 3	68	93	11.9	− 0.3	1737
29	5.0	11.0	7.5	7.76	+ 0.26	4.2	12.2	91	69	91	84	+ 1	65	98	12.6	+ 0.5	1730
30	7.0	10.2	10.0	8.60	+ 1.28	4.5	13.8	96	97	82	83	+ 5	65	100	13.5	+ 1.6	1730
31	+ 5.0	+11.8	+ 7.6	+ 9.00	+ 1.86	+ 4.4	+16.7	94	78	97	86	+ 3	58	98	13.4	+ 1.3	1720
Mois	+ 8.20	+13.25	+10.21	+10.52	+ 0.61	+ 6.99	+15.23	93	73	88	84	+ 1			14.07	+ 0.09	1702

MOYENNES DE GENÈVE. — OCTOBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	23.64	23.50	23.60	23.72	23.39	23.57	24.18	24.62	23.78
2e »	24.24	23.98	24.12	24.27	23.93	23.38	23.72	23.96	23.95
3e »	23.67	23.07	23.59	23.83	23.44	23.12	23.57	23.69	23.49
Mois	23.85	23.50	23.77	23.94	23.58	23.35	23.81	24.08	23.73

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re déc	+10.77	+10.07	+10.35	+12.78	+14.99	+14.91	+12.29	+11.15	+12.16
2e »	8.13	7.40	7.40	11.77	13.08	13.77	11.36	9.31	10.28
3e »	7.78	6.97	6.97	10.40	11.83	11.95	9.81	8.36	9.26
Mois	+ 8.86	+ 8.11	+ 8.20	+11.61	+13.25	+13.50	+11.11	+ 9.57	+10.52

Fraction de saturation en %.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
1re décade	88	90	90	81	70	70	86	85	83
2e »	93	94	95	81	73	70	80	90	85
3e »	93	95	94	83	75	74	82	89	86
Mois	91	93	93	82	73	71	83	88	84

Dans ce mois l'air a été calme 420 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{47}{59} = 0.80.$

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

Pression atmosphérique		723mm.81
Nébulosité		7.2
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+10°.55
	$\frac{7+1+2\times 9}{4}$	+10°.47
Fraction de saturation		78 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér.	(1836-1875).	726mm.51
Nébulosité	(1847-1875).	6.9
Hauteur de pluie	(1826-1875).	101mm.0
Nombre de jours de pluie.	(id.).	12
Température moyenne	(id.).	+ 9°.88
Fraction de saturat.	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉSY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Hauteur d'eau en mm.	143.3	163.2	148.5	144.2	165.4	153.6	154.2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	127.2	127.8	132.4	111.7	123.8	135.2

Insolation à Jussy : $102^{h}.3$.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

D'OCTOBRE 1907

Le 1er, brouillard le matin.
les 2, et 3, brouillard, pluie et neige.
du 5 au 9, brouillard et pluie ; le 9 neige, éclairs à 6 h. 45 du soir.
le 10, brouillard le matin ; **gel complet du lac**.
du 13 au 17, brouillard, pluie et de neige.
le 18, brouillard le matin.
du 26 au 30, fortes chutes de pluie et de neige.
les 23, 24, 29 et 30, brouillard.

GRAND SAINT-BERNARD — OCTOBRE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Écart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	Vent 7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Pluie Hauteur (24 h.)	Neige Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	63.6	63.6	64.3	63.8	− 2.1	63.2	64.5	SW. 2	SW. 3	SW. 1	SW. 2	10	7	8	8	....	....
2	63.8	64.0	64.1	64.0	− 1.8	63.0	64.3	SW. 1	SW. 1	NE 1	SW. 1	10	5	1	5	4.6	....
3	60.6	59.3	60.3	60.1	− 5.6	59.2	62.9	SW. 3	SW 3	SW. 2	SW. 3	10	10	10	10	26.5	11
4	60.5	62.1	64.0	62.2	− 3.4	60.3	64.5	SW. 1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	10	4	5	6	....	....
5	64.4	65.0	66.8	65.4	− 0.1	64.2	66.9	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	....	....
6	65.1	64.6	65.0	64.9	− 0.5	64.1	66.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	10	10	10	10	2.6	....
7	64.4	64.3	64.0	64.2	− 1.1	63.5	64.8	NE. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	9	10	10	15.7	....
8	62.1	62.0	64.3	62.8	− 2.4	61.9	64.5	SW. 3	SW. 3	SW. 4	SW. 3	10	10	10	10	20.8	....
9	62.9	62.3	63.0	62.7	− 2.4	62.1	64.2	SW. 3	SW. 1	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	51.0	...
10	65.1	67.7	69.8	67.6	+ 2.5	64.9	70.1	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	5	10	8	....	....
11	71.2	72.0	72.9	72.0	+ 7.0	70.8	73.1	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	5	4	2	4	....	....
12	72.9	72.1	73.7	**72.9**	+ **8.0**	71.9	**74.0**	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	5	2	2	....	....
13	69.3	68.3	67.2	68.3	+ 3.5	65.8	69.6	SW. 2	SW. 3	SW 3	SW. 3	0	10	10	7	12.7	7
14	63.2	61.9	60.8	62.0	− 2.7	60.4	65.1	SW. 3	SW. 2	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	28.0	12
15	59.7	57.6	60.1	59.1	− 5.5	57.3	60.5	SW. 3	SW 1	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	4.2	2
16	59.1	58.0	54.6	57.2	− 7.3	54.5	59.5	SW. 4	SW. 1	SW. 3	SW. 4	10	10	10	10	**44.0**	....
17	53.5	55.6	57.7	**55.6**	− **8.8**	**53.3**	58.5	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	25.7	16
18	60.0	62.3	65.7	62.7	− 1.7	59.5	66.1	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	....	....
19	67.2	67.8	68.8	67.9	+ 3.6	67.0	69.0	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	4	4	2	3	....	....
20	69.5	69.3	70.1	69.6	+ 5.4	69.0	70.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	3	8	....	....
21	70.7	70.7	70.4	70.6	+ 6.5	70.2	71.0	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	3	6	10	6	....	....
22	70.0	69.8	69.1	69.6	+ 5.6	68.4	70.2	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	3	4	10	6	...	....
23	67.8	67.4	65.4	66.9	+ 2.9	64.8	68.0	SW. 2	SW. 3	SW. 2	SW. 2	5	10	10	8	11.2	7
24	63.6	64.5	64.1	64.1	− 0.8	63.4	64.7	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	10	10	10	26.6	23
25	62.4	62.2	61.0	61.9	− 1.9	60.2	63.1	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	10	10	10	10	16.8	7
26	57.4	57.1	57.4	57.3	− 6.4	56.8	58.2	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	10	10	10	10	31.2	**21**
27	58.7	60.0	60.2	59.6	− 4.1	58.5	60.5	NE. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	10	10	10	1.9	4
28	58.6	58.2	58.1	58.3	− 5.3	57.8	59.0	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	12.6	7
29	57.3	57.1	56.8	57.1	− 6.4	56.4	57.7	SW. 2	SW. 3	SW. 3	SW. 3	10	10	10	10	14.7	10
30	56.0	58.0	60.5	58.2	− 5.2	55.4	60.9	SW. 2	SW. 2	SW. 2	SW. 2	10	10	2	7	13.8	7
31	63.0	64.5	65.2	64.6	+ 1.2	62.5	66.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	1	1	0	1		
Mois	63.34	63.53	64.08	63.65	− 1.05							8.1	8.2	7.9	8.0	367.0	134

Jour du mois	Température 7 heures	Température 1 heure	Température 9 heures	Température Moyenne 3 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Minimum	Température Maximum	Fraction de saturation en % 7 h.	Fraction de saturation en % 1 h.	Fraction de saturation en % 9 h.	Fraction de saturation en % Moyenne 3 Obs.	Fraction de saturation en % Min.	Fraction de saturation en % Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	+ 0.4	+ 2.8	+ 1.6	+ 1.6	+ 0.1	- 0.4	+ 3.3	100	77	95	90	66	100
2	0.0	2.7	+ 0.3	+ 1.0	- 0.4	- 0.4	2.7	100	55	60	**72**	50	100
3	- 1.0	0.0	- 1.2	- 0.7	- 1.9	1.8	0.4	100	100	100	100	95	100
4	- 2.0	+ 1.8	+ 0.1	0.0	- 1.1	- 2.4	1.8	96	71	75	81	62	99
5	- 1.0	0.0	- 1.6	- 0.9	- 1.8	- 1.6	0.2	96	97	100	98	63	100
6	- 2.2	+ 0.1	- 1.7	- 1.3	- **2.1**	- 2.2	0.6	95	92	75	87	**33**	98
7	+ 0.2	1.7	+ 0.4	+ 0.8	+ 0.2	- 1.4	2.1	65	86	100	84	60	100
8	0.8	1.4	1.7	1.3	+ 0.8	+ 0.8	2.7	100	100	100	100	95	100
9	+ 1.5	0.3	+ 1.0	0.9	+ 0.6	+ 0.3	1.9	100	100	100	100	97	100
10	- 0.4	1.1	- 0.2	0.2	0.0	- 0.4	1.1	100	93	95	96	88	100
11	- 1.0	1.6	+ 2.4	1.0	+ 1.0	- 1.1	2.6	95	87	73	85	68	95
12	+ 2.3	5.2	2.7	**3.4**	+ 3.5	- 2.2	**5.3**	75	67	83	75	61	90
13	+ 1.0	+ 0.8	+ 0.3	+ 0.7	+ 1.0	+ 0.3	3.2	74	100	100	91	65	100
14	- 0.7	0.0	- 0.2	- 0.3	+ 0.1	- 1.0	+ 0.3	100	100	100	100	95	100
15	- 1.0	- 0.2	- 1.6	- 0.9	- 0.3	- 1.6	0.0	100	100	100	100	95	100
16	- 2.0	- 2.2	0.0	- 1.4	- 0.6	- 2.8	+ 0.2	100	100	100	100	94	100
17	- 1.0	- 2.4	- 2.7	- 2.0	- 1.1	- 3.0	+ 0.7	100	98	100	99	93	100
18	- 3.1	- 3.1	- 3.0	- 3.1	- 2.0	- 3.5	- 2.8	100	98	100	99	95	100
19	- 5.0	- 1.6	- 1.5	- 2.7	- 1.5	- 5.3	- 1.3	74	83	92	83	56	95
20	- 1.1	+ 0.4	0.0	- 0.2	+ 1.2	- 1.6	+ 1.0	100	90	85	92	75	100
21	- 0.4	2.3	+ 1.7	+ 1.2	+ 2.7	- 0.4	2.5	85	84	95	88	80	96
22	+ 1.5	3.2	2.0	2.2	+ **3.9**	+ 1.4	3.4	67	76	88	77	60	92
23	+ 0.6	+ 1.2	+ 0.2	+ 0.6	+ 2.4	+ 0.2	+ 2.0	79	100	100	93	65	100
24	- 0.5	0.0	- 0.2	- 0.2	+ 1.8	- 0.6	0.0	100	100	100	100	98	100
25	- 1.2	0.0	- 0.2	- 0.5	+ 1.6	- 1.5	+ 0.4	98	95	100	98	90	100
26	- 0.7	- 1.2	- 5.0	- 2.3	0.0	- 5.0	- 0.6	98	84	92	91	80	99
27	- 4.0	- 1.2	- 2.2	- 2.5	- 0.1	- 5.8	- 1.0	94	95	90	93	80	96
28	- 2.5	- 1.6	- 2.8	- 2.3	+ 0.3	- 3.0	- 1.1	87	93	94	91	84	95
29	- 3.8	- 3.2	- 3.2	- **3.4**	- 0.7	- 4.0	- 3.2	94	95	95	95	88	96
30	- 2.7	- 0.2	- 3.8	- 2.2	+ 0.7	- 3.9	- 0.2	95	96	83	91	80	97
31	- 5.6	- 0.4	- 3.6	- 3.2	- 0.2	- **6.0**	0.0	80	83	85	83	75	90
Mois	- 1.11	+ 0.33	- 0.69	- 0.49	- 0.01	- 1.93	+ 0.90	92	90	92	91		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : $-0^{mm}.22$. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 500mm + — **Fraction de saturation en %**

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	63.25	63.49	64.56	63.77	95	87	90	91
2e »	64.56	64.49	65.16	64.73	92	92	93	92
3e »	62.32	62.68	62.65	62.56	89	91	93	91
Mois	63.34	63.53	64.08	63.65	92	90	92	91

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°	°	°
1re décade	— 0.37	+ 1.19	+ 0.04	+ 0.29	+ 0.23
2e »	— 1.16	— 0.05	— 0.46	— 0.55	— 0.53
3e »	— 1.75	— 0.10	— 1.55	— 1.15	— 1.25
Mois	— 1.11	+ 0.33	— 0.69	— 0.49	— 0.54

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{9}{175} = 0.05$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	90.1	95.3	179.3	367.0
Neige en centimètres....	0cm	0cm	30cm	134cm

SUR LA DIFFÉRENCE DE POTENTIEL DE l'Arc à courant continu entre Electrodes métalliques

PAR

C.-E. GUYE et L. ZEBRIKOFF

(avec les planches IV, V et VI.)

Introduction

I. Dans un ensemble de travaux aujourd'hui classiques, Mme Ayrton s'est donné pour tâche d'étudier la relation qui unit la longueur de l'arc, la différence de potentiel et l'intensité du courant. La détermination simultanée de ces trois grandeurs lui a fourni toute une série de renseignements qui lui ont permis d'établir les lois du fonctionnement de l'arc entre charbons, d'une façon beaucoup plus précise qu'on ne l'avait fait jusqu'alors.

En particulier. Mme Ayrton a étudié comment varie la puissance mise en jeu dans l'arc en fonction, de l'intensité et de la longueur de l'arc.

Pour l'arc à courant continu, à intensité constante, la puissance consommée est représentée d'une façon générale par des droites de la forme

$$P = C + Dl\,;$$

expression dans laquelle C et D sont deux constantes et l la longueur de l'arc.

De même, si l'on maintient la longueur de l'arc constante, la relation entre la puissance consommée et l'intensité du courant est aussi représentée par des droites de la forme

$$P = AJ + B$$

A et B étant deux constantes pour une même longueur de l'arc et J l'intensité du courant.

En combinant les relations ainsi trouvées, Mme Ayrton arrive à la formule générale.

$$P = (a + bl)\, J + (c + dl)$$

D'où pour la différence de potentiel aux bornes

$$E = a + bl + \frac{c + dl}{J}$$

Dans cette expression, $a\ b\ c\ d$ sont des constantes ne dépendant plus que de la substances des électrodes et dans une certaine mesure du milieu gazeux dans lequel jaillit l'arc.

Toutes ces expressions sont relatives au régime silencieux de l'arc.

Il y a lieu de distinguer pour l'arc au charbon, en effet, deux zônes principales de fonctionnement : une zône de régime stable où l'arc est silencieux et une zône instable où l'arc devient sifflant et où l'on observe un abaissement caractéristique du voltage.

II. Dans notre travail, nous avons cherché à établir d'abord des relations analogues pour l'arc jaillissant entre métaux ; et nous avons expérimenté sur le cuivre,

le platine, le palladium, l'argent, l'or, le nickel, le cobalt et le fer.

L'étude des arcs voltaïques entre métaux présente d'assez grandes difficultés expérimentales. L'arc a une grande tendance à devenir instable et sifflant. L'oxydation des électrodes et les vapeurs métalliques plus ou moins abondantes en sont peut-être la cause.

En outre, l'échauffement des électrodes a pour conséquence une dilatation qui tend à faire varier leur distance, c'est-à-dire la longueur d'arc au cours d'une expérience. Avec des courants un peu intenses, on arrive même à faire fondre les électrodes.

De plus, l'arc par son fonctionnement tend à produire à la surface des électrodes des protubérances qui ont pour effet de rendre délicate l'estimation exacte de la distance. Nous avons également observé (avec le nickel, le cobalt et le fer) la formation d'aiguilles très fines et laineuses, résultant probablement d'une sublimation de la vapeur métallique et tendant à réunir les électrodes entre elles, formant parfois court-circuit.

Afin de nous rendre compte de l'influence que peut avoir la forme des électrodes sur la stabilité de l'arc et sur la différence de potentiel, nous avons effectué sur le cuivre et sur l'argent des expériences en employant des électrodes de diamètres différents.

Par un ensemble de précautions que nous décrirons au chapitre suivant, nous sommes parvenus à rendre l'arc stable de position, sans cependant obtenir un arc absolument silencieux, surtout avec les grandes intensités de courant.

I. Dispositif électrique employé dans nos recherches

Ce dispositif est représenté par le schéma ci-dessous.

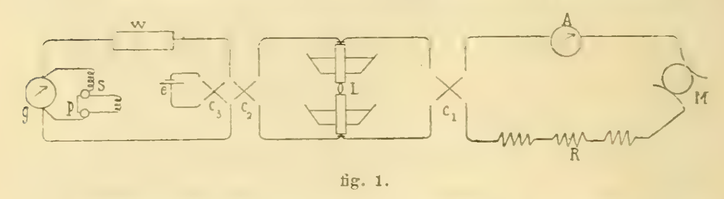


fig. 1.

M, machine dynamo à courant continu pouvant donner environ 90 volts ;

A, ampèremètre thermique (Hartmann et Braun) qui, grâce à son amortissement, n'indique pas les petites fluctuations de courant qui peuvent résulter de la présence de l'arc ;

R, rhéostat de réglage à glissière, absorbant en régime de fonctionnement la presque totalité de la tension de la machine, de façon à obtenir une grande stabilité dans l'arc. Cette stabilité est une des conditions fondamentales des expériences : en effet, si la réserve de tension n'est pas suffisante, l'arc subit des extinctions de très courte durée qui ont pour effet d'augmenter le voltage (efficace) mesuré à ses bornes. Si l'on veut déterminer la valeur exacte de la différence de potentiel, il est nécessaire que ces extinctions ne se produisent pas.

C_1 commutateur permettant de renverser le courant dans l'arc. (Dans toutes nos expériences, nous avons pris comme cathode l'électrode supérieure ; c'est dans ces conditions que nous avons observé la plus grande stabilité). Il est à remarquer que c'est dans cette position que la cathode est la plus chaude ;

L, électrodes entre lesquelles jaillit l'arc.

Le dispositif pour la mesure de la différence de potentiel comprend : un galvanomètre *g* de Deprez et d'Arsonval avec un shunt *s* et une résistance en série (W = 50.000 ohms).

En faisant varier le shunt, il est facile d'obtenir des déviations à peu près du même ordre au galvanomètre soit avec l'arc, soit avec la pile-étalon qui sert à graduer le galvanomètre ;

e, pile-étalon Weston (force électromotrice 1,0213 volts) ;

C_2, commutateur permettant de renverser le courant dans le galvanomètre *g* ;

C_3, commutateur servant à brancher le circuit du galvanomètre sur la pile-étalon.

Le shunt *s* est introduit en circuit au moyen d'un pont de cuivre plongeant dans deux godets à mercure. Il sert aussi à amortir convenablement les mouvements du galvanomètre. Le métal du shunt (cuivre) étant le même que celui du cadre galvanométrique, le pouvoir multiplicateur du shunt n'est pas altéré par les variations extérieures de la température.

L'appareil porte-électrodes est représenté (fig. 2).

Il se composait de deux larges tiges de cuivre *(aa)* à l'extrémité desquelles on vissait deux pièces *(pp)* du métal avec lequel on voulait expérimenter.

Le porte-électrode supérieur est fixé à un support mobile que l'on peut baisser ou lever au moyen d'une crémaillère actionnée par une vis ; ce dispositif n'est pas représenté sur la figure 2. L'électrode inférieure est fixe, sa position ne varie pas.

Pour assurer un refroidissement convenable et éviter

la dilatation des électrodes, chacune d'elles est immergée dans un récipient rempli d'eau (*bb*) à la température de la chambre.

Les électrodes mêmes étaient planes, un peu arrondies sur les bords.

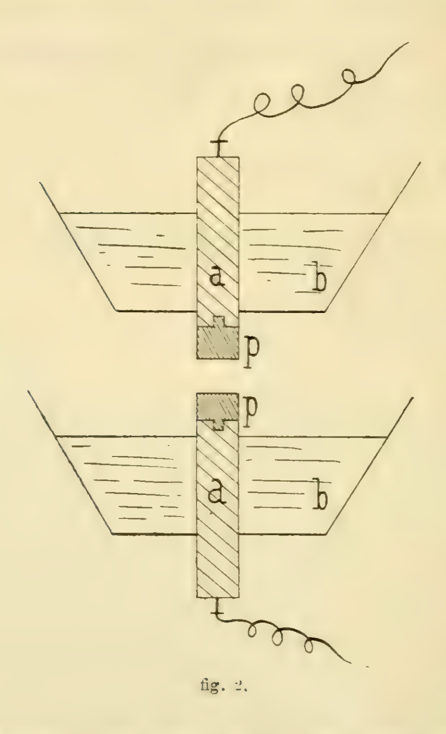


fig. 2.

Cette forme nous a paru donner une plus grande stabilité à l'arc que toute autre ; en particulier, les électrodes taillées en pointes donnaient un arc moins stable par suite des courants d'air chaud plus libres qui se forment tout autour de l'arc.

II. Mode de procéder

Après avoir dressé la surface des électrodes sur le tour et l'avoir arrondie sur les bords, on fixait les électrodes sur le support en prenant soin de disposer leurs surfaces bien parallèlement l'une à l'autre. On versait de l'eau dans les récipients, puis on amenait les électrodes à la distance voulue au moyen de la vis et de la crémaillère du support. Cette distance était mesurée à l'aide d'un cathétomètre.

On fermait ensuite le circuit de la machine et on allumait l'arc à l'aide d'un fil métallique tenu à la main, formant court-circuit momentané. Il ne reste plus qu'à agir sur les rhéostats pour obtenir l'intensité convenable.

Lorsque l'arc était suffisamment stable, on branchait alors à ses bornes, à l'aide du commutateur C_2, le circuit du galvanomètre et, quelques instants après, une fois le régime bien établi, on commençait les mesures.

Les lectures au galvanomètre étaient effectuées au moyen de la méthode classique de Poggendorf; le commutateur C_2 permettait d'observer les déviations à droite et à gauche de la position d'équilibre.

Après un certain nombre de mesures, on interrompait le courant.

La distance des électrodes pouvait être vérifiée au cathetomètre soit avant, soit pendant, soit après les mesures.

Après chaque série de mesures, on limait à nouveau (soit à la main, soit sur le tour) les électrodes, on chan-

geait l'eau des refroidisseurs et l'on recommençait l'expérience.

Pour chaque distance et chaque intensité, nous avons effectué toujours plusieurs séries de mesures et avons gradué le galvanomètre avant et à la fin de chaque série d'expériences. Comme cette graduation était faite avec une autre sensibilité que celle qui correspondait aux mesures sur l'arc, la valeur de la différence de potentiel aux bornes de l'arc E était obtenue par la formule suivante :

$$E = \left[\frac{e\,(s_1 + g)\,s_2}{(s_2 + g)\,s_1} \right] \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

$$E = \left[k \right] \frac{\alpha_1}{\alpha_2}$$

dans laquelle s_1 et s_2 sont les résistances du shunt avec l'arc et avec l'étalon, α_1 et α_2 les déviations correspondantes du galvanomètre ; g la résistance du galvanomètre ; e la force électromotrice de l'étalon Weston.

III. Expériences sur les différents métaux

Cuivre

Nous avons d'abord effectué une série complète d'expériences avec des électrodes de cuivre afin de nous rendre un compte aussi exact que possible des conditions de fonctionnement de notre appareil.

Les deux électrodes en cuivre électrolytique avaient de 16 à 17 mm. de diamètre.

L'arc qui jaillissait entre elles avait la forme d'un ovoïde et paraissait être animé d'un mouvement d'oscillation, particulièrement au début du fonctionnement.

Après avoir erré quelques instants entre les électro-

des, il s'arrêtait et devenait stable. Les mesures pouvaient alors être commencées. Après 15 ou 20 minutes, il était nécessaire de rechanger l'eau.

Nous avons d'abord étudié le fonctionnement à longueur constante et à intensité variable (comprise entre 2 et 18 ampères). De cette façon, nous avons obtenu 5 courbes (Pl. IV) représentant la différence de potentiel en fonction de l'intensité ; et cela pour les distances 0 1 2 3 4 mm. Pour chaque intensité et chaque distance, nous avons effectué plusieurs séries de mesures, comprenant chacune un grand nombre d'observations.

Connaissant les différences de potentiel correspondant aux diverses longueurs d'arc et aux diverses intensités, nous avons pu représenter la puissance consommée en multipliant chaque différence de potentiel par l'intensité correspondante.

Nous avons ainsi obtenu la représentation graphique de la puissance consommée aux divers régimes (Pl. IV et V).

On voit alors, qu'à la longueur constante ou à l'intensité constante, la puissance consommée est, comme dans les expériences de Mme Ayrton, représentée par des droites, à la condition de ne pas dépasser des longueurs d'arc de 2 à 3 mm. dans les conditions de nos expériences.

La façon dont nous avons obtenu la courbe de distance zéro nécessite quelques explications. Après avoir disposé les électrodes très près l'une de l'autre ($^1/_4$ mm. environ), on établissait l'arc et on observait la déviation au galvanomètre.

Par le fonctionnement prolongé de l'arc, il se formait, par suite du transport de matière, une protubérance sur l'électrode positive qui avait pour effet de

diminuer peu à peu la distance des électrodes jusqu'au contact. Il en résultait que la déviation au galvanomètre diminuait progressivement, mais lentement, jusqu'au moment où, le contact se produisant, il y avait court-circuit. A ce moment, la différence de potentiel tombait brusquement. On prenait pour force électromotrice de distance zéro, la force électromotrice correspondant à l'instant facile à observer où le court-circuit se produisait.

Si l'on augmente suffisamment l'intensité du courant pour avoir un arc stable, on remarque d'après la courbe (planche IV) que les valeurs de cette différence de potentiel correspondant à la distance zéro ne dépendent que très peu de l'intensité du courant. Pour chaque intensité de courant, nous avons comme précédemment effectué plusieurs séries de mesures.

Afin qu'on puisse se rendre compte du degré d'exactitude de ces expériences, nous donnons ci-après les chiffres complets relatifs à l'une des trois séries effectuées sur le cuivre (distance 1 mm. pour 3 et 13 amp.); pour les autres distances et les autres métaux, nous indiquons seulement les moyennes.

Distance 1 mm.

Etalon déviation	Courant en ampères	Différence de potentiel en volts	Longueur d'arc mesurée au cathetomètre
185	3	33,58	1,00
	»	33,84	
	»	33,84	
	»	33,58	
	»	33,78	
	»	33,99	
	»	33,84	
	»	33,43	
	»	33,23	
	»	33,23	1,00

Plus le courant est intense, plus les électrodes se déforment vite et moins grand est le nombre des lectures que l'on peut effectuer sans retoucher les surfaces.

Les tableaux suivants, correspondant à l'intensité de 13 ampères montrent ce fait.

Distance 1 mm.

Etalon déviation	Courant en ampères	Différence de potentiel en volts	Longueur d'arc mesurée au cathetomètre
185	13	26,51	1,00
	»	25,91	
	»	26,41	
	»	25,65	
	»	25,60	0,94

Etalon déviation	Courant en ampères	Différence de potentiel en volts	Longueur d'arc mesurée au cathetomètre
185,3	13	25,69	1,00
	»	26,01	
	»	25,76	
	»	25,76	
	»	26,06	0,99

Voici maintenant les tableaux résumant l'ensemble de nos mesures avec électrodes de cuivre.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
10	22,54	21,73	22,14
12	21,72	22,03	21,88
14	21,73	21,34	21,54
16	21,73	21,44	21,58
18	21,77	21,34	21,56
20	21,42	21,46	21,44

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	3me série	Moyenne
2	37,55	25,34 ?	37,75	35,55
3	33,63	33,51	32,49	33,21
4	30,97	31,68	30,47	31,04
5	30,22	31,09	29,56	30,29
6	28,69	30,26	28,72	29,22
7	28,88	29,18	27,96	28,67
8	27,84	28,38	27,45	27,89
9	27,40	27,79	26,78	27,32
10	26,95	27,49	27,09	27,18
11	26,00	26,93	26,88	26,60
12	25,86	26,52	26,04	26,14
13	25,93	25,69	25,92	25,85
14	25,75	26,69	25,99	26.14
15	25,36	26,01	25,99	25,78
19	—	25,99	—	25.99

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	3me série	Moyenne
2	47,66	46,39	43,44	45,83
3	41,99	41,36	39,20	40,85
4	39,30	37,74	36,66	37,90
5	37,17	36,71	35,38	36,42
6	36,06	36,21	34,29	35,52
7	35,02	35,42	33,50	34,65
8	33,94	33,17	31,72	32,94
9	32,52	32,73	31,16	32,47
10	33,48	31,98	31,07	32,17
11	32,26	32,39	29,85	31,50
12	31,81	31,57	30,24	31,20
13	31,33	31,59	29,80	30,90
14	30,48	30,92	29,80	30,40
15	30,61	30,60	29,04	30,08
19	—	29,98	—	29,98

Distance 3 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	3me série	Moyenne
3	48,11	48,02	44,88	47,00
4	44,78	43,71	42,10	43,53
5	43,32	41,93	39,75	41,66
6	41,33	40,53	38,43	40.09
7	40,03	39,06	38,33	39,14
8	37,73	37,78	37,48	37,66
9	36,88	36,54	36,43	36,62
10	36,53	35,73	35,28	35,85
11	35,86	35,11	34,45	35,14
12	35,18	34,80	33,64	34,54
13	34,49	34,62	33,25	34,12
14	—	—	33,07	34,07

Distance 4 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	3me série	Moyenne
4	48,83	48,50	46,97	48,10
5	45,99	45,72	45,63	45,78
6	43,55	44,10	43,78	43,81
7	42,12	42,53	41,59	42,08
8	41,13	41,36	41,11	41,20
9	41,04	39,94	39,26	40.08
10	39,82	39,37	38,56	39,25
11	38,12	38,66	38,12	38,30
12	37,79	37,88	38,51	38,09
13	37,89	37.12	38,39	37,80

L'étude de ces résultats représentés par les courbes (planche IV) nous a montré que le phénomène paraissait plus régulier tant que la distance ne dépassait pas 2 à 3 mm. ; nous nous sommes donc bornés à n'étudier les différences de potentiel que pour les distances 0, 1 et 2 mm., pour lesquelles la stabilité de l'arc nous a paru complète.

Comme nous le verrons plus loin, les résultats obtenus avec les autres métaux sont analogues à ceux observés sur le cuivre (planche VI.)

Cependant la stabilité de l'arc paraît varier d'un métal à l'autre.

Platine

Les électrodes de platine avaient 15 mm. de diamètre. L'arc est assez stable. Les protubérances ne se produisent que lentement.

Il a été effectué deux séries complètes de mesures ; chacun des chiffres qui figurent sur les tableaux suivants représente la moyenne d'environ dix observations.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	24.76	24.46	24,61
10	24,47	24.30	24,39
12	24,81	24,07	24,44
15	24,48	24,25	24,36

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2	38,26	38,25	38,26
4	34,14	33,87	34,01
6	31,55	31,99	31,77
8	30,47	31,97	31,22
10	31,12	31,79	31,45
12	30,97	31,04	31,00
15	30,51	30,63	30,57

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	49,44	48,16	48,80
4	44,01	44,32	44,46
5	41,98	41,99	41,99
6	40,27	40,26	40,26
8	38,12	38,45	38,28
10	38,34	37,72	38,03
12	38,07	37,28	37,67
15	37,16	36.76	36,96

Palladium

Les électrodes avaient un diamètre de 15 mm. L'arc avait à peu près la même apparence que celui entre les électrodes de platine.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	22,22	22,13	22,18
10	21,64	21,34	21,49
12	21,45	20,24	20,85
14	21,25	20,79	21,02
15	21,20	20,60	20,90

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	34,91	35,61	35,26
4	33,73	34,28	34,00
6	30,58	31,56	31,07
8	29,00	30,28	29,64
10	27,72	28,42	28,07
12	27,07	27,56	27,32
15	26,46	26,91	26,68

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	43,14	43,93	43,53
4	40,48	41,29	40,88
6	37,94	37,60	37,77
8	35,98	35,56	35,77
10	34,01	34,43	34,22
12	33,11	32,24	32,67
15	31,95	31,54	31,74

Argent

Il y a été fait deux séries de mesures avec des électrodes de diamètre différent (électrodes larges 15 mm.; électrodes minces 8 mm.) Comme on le voit sur le

tableau qui suit, les résultats sont à peu près les mêmes, mais les mesures sont beaucoup plus difficiles avec les électrodes minces, la stabilité étant probablement un peu moindre ; c'est cette raison qui nous a engagés à adopter toujours les larges électrodes.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série Electrodes larges	2me série Electrodes minces
8	15,20	15,80
10	14,82	15,68
12	14,24	15,67
14	14,26	15,67
16	14,19	15,76
18	14,19	—

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série Electrodes larges	2me série Electrodes minces
2	34,09	34,10
4	30,70	30,56
6	25.25	27.81
8	23,03	25,52
10	21,21	22,80
12	20,30	21,91
14	19,59	21,28
16	19,19	20,98

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série Electrodes larges	2me série Electrodes minces
2,2	42,93	42,82
4	33,13	34,64
6	29,90	30,50
8	27,17	28,68
10	25,35	26,87
12	24,95	26,06
14	24,04	25,35
16	24,74	24,85

Les électrodes avaient un diamètre de 15 mm. L'arc est assez stable avec les courants faibles. Avec les courants forts, il est difficile de travailler ; l'arc oscille très fort.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	24,15	22,07	23,11
10	23,46	20,85	22,15
12	22,87	20,39	21,63
15	23,07	19,99	21,53

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2	43,64	40,21	41,93
4	36,52	33,09	34,81
6	34,02	30,09	32,05
8	31,25	28,26	29,75
10	29,90	27,52	28,71
12	28,60	27,22	27,91
15	28,61	27,22	27,92

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2,2	48,42	48,42	48,42
3	46,90	46,94	46,92
4	44,06	41,75	42,91
6	40,62	38,31	39,46
8	36,67	35,21	35,94
10	35,66	34,09	34,87
12	34,50	33,62	34,06
15	33,72	33,41	33,56

Nickel

Les électrodes de nickel avaient 14,8 mm. de diamètre. Les observations offrent de grandes difficultés par suite d'un phénomène curieux — la formation d'ai-

guilles extrêmement fines et noires qui se mettent verticalement entre les électrodes et finissent par faire court-circuit. Souvent même le courant peut passer un certain temps à travers ces aiguilles qui deviennent rouges, mais sans fondre. Si l'on rompt ces aiguilles en passant une lame de couteau entre les électrodes, l'arc jaillit de nouveau. Ces aiguilles semblent être dues à une sublimation de la vapeur de nickel. Leur présence gêne beaucoup les observations. Quand elles se forment, il est nécessaire d'interrompre le courant et de nettoyer à la lime les surfaces des électrodes. Pour les courants intenses, il n'est guère possible de faire plus de 4 ou 5 observations consécutives. Pour les distances zéro, les observations sont surtout délicates. Le courant s'arrête parfois avant même que le galvanomètre ait pris sa position d'équilibre. Pour remédier à cet inconvénient, nous avons introduit dans le circuit du galvanomètre une grande résistance de façon à diminuer l'amortissement et la durée propre des oscillations du galvanomètre. Dans ces conditions, le cadre prenait plus rapidement sa position d'équilibre, mais cet avantage n'était obtenu naturellement qu'en diminuant la sensibilité.

Ce dispositif n'a dû être employé que pour la distance zéro et pour le nickel et le cobalt seulement.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	16,50	17,68	17,09
10	16,50	17,57	17,04
12	16,21	17,62	16,91
15	16,51	17,37	16,94

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2,2	30,88	34,11	32,49
4	25,47	26,06	25,76
6	23,55	23,74	23,64
8	22,94	22,39	22,67
10	22,61	22,03	22,32
12	21,99	21,98	21,98
14	22,44	21,82	22,13
17	—	21,73	21,73

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2	39,98	43,06	41,52
4	35,00	32,86	33,93
6	32,21	30,30	31,26
8	30,51	28,73	29,62
10	27,79	28,11	27,95
12	27,49	28,02	27,76
15	27,09	27,62	27,36
17	—	27,12	27,12

Cobalt

Les électrodes avaient 15 mm. de diamètre. Les particularités observées avec le nickel se retrouvent dans le cobalt. Les aiguilles se forment encore plus rapidement.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	21,20	21,20	21,20
10	21,37	20,99	21.18
12	21,62	21,41	21,51
15	20,95	20,99	20,97

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	28,12	27,19	27,65
4	24,97	24,86	24,91
6	24,15	24,05	24,10
8	23,95	24,10	24,03
10	24,03	23,58	23,80
12	23,94	23,25	23,59
15	23,40	23,40	23,40

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	33,47	32,03	32,75
4	30,70	30,39	30,54
6	28,70	27,48	28,09
8	27,63	26,23	26,93
10	27,31	26,43	26,87
12	27,21	26,14	26,67
15	27,32	25,78	26,55

Fer

Les électrodes avaient 11 mm. de diamètre. Nous avons également remarqué la formation d'aiguilles, mais en nombre beaucoup moindre qu'avec le cobalt et le nickel.

Distance 0 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
8	15,85	17,28	16,55
10	15,97	17,19	16,58
12	15,97	16,73	16,35
15	16,00	16,83	16,41

Distance 1 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
3	25,87	26,03	25,95
4	24,30	23,81	24,05
6	22,24	21,15	21,69
8	21,02	20,42	20,72
10	20,18	20,03	20,10
12	19,94	19,16	19,55
15	19.70	18,53	19,11

Distance 2 mm.

Intensité du courant	Différence de potentiel 1re série	2me série	Moyenne
2	35,72	35,80	35,76
4	29,88	30,78	30,33
6	27,49	28,70	28,09
8	25,41	26,48	25,94
10	23,71	25,26	24,48
12	22,67	24,22	23,44
15	22,15	23,32	22,74

IV. Calcul des constantes *a b c d*

Pour calculer les constantes de la formule de Mme Ayrton, nous avons procédé de la façon suivante : nous avons représenté les relations entre la puissance consommée et la longueur de l'arc, le courant demeurant constant. Comme on le voit, par les planches IV et V, relatives au cuivre, nous avons obtenu des droites.

Si W représente la puissance relative à une longueur d'arc quelconque l; W_0 la puissance relative à l'arc de longueur zéro pour le même courant et W_2 la puissance pour la longueur d'arc 2 mm. toujours pour le même courant, on a, envisageant les triangles semblables :

$$\left[\frac{W - W_0}{l} = \frac{W_2 - W_0}{2}\right]_{J \text{ constant}} \qquad \text{(I)}$$

Si l'on envisage une autre intensité de courant, les valeurs de W_0 et de W_2 sont naturellement différentes. Pour le cuivre 8 amp. par exemple, on aura $W_0 = 187$ watts, $W_2 = 260$ watts ; ce qui nous donne :

$$\frac{W - 187}{l} = \frac{260 - 187}{2} = 36,5$$

d'où

$$\left[W = 187 + 36,5\, l \ldots.\right]_{J = 8} \qquad (2)$$

L'équation (2) représente donc la relation entre la puissance et la longueur de l'arc pour le courant constant de 8 ampères.

Pour toute autre valeur du courant, les constantes auront des valeurs différentes. L'équation (2) n'est d'ailleurs que la formule de Fröhlich multipliée par l'intensité du courant constant. M[me] Ayrton a généralisé cette équation en déterminant les relations qui existent entre les diverses constantes pour différentes intensités de courant.

Sur la planche V, nous avons représenté la puissance en fonction de l'intensité du courant, la longueur de l'arc restant constante. La droite correspondant à la longueur de 2 mm. coupe l'axe des abscisses au point — 1,5 ampères. En envisageant les triangles semblables relatifs à cette droite, on a d'une façon générale

$$\left[\frac{W_2 \text{ (relative à l'intensité J)}}{J + 1{,}5 \text{ ampères}} = \frac{W \text{ (pour } J = 14)}{14 + 1{,}5 \text{ ampères}}\right]_{l=2}$$

d'où

$$\frac{W_2}{J + 1,5} = \frac{425}{15,5}$$

$$W_2 = J.\ 27,45 + 41,17 \ldots. \qquad (3)$$

L'équation (3) n'est que l'équation de la droite relative à la longueur constante de 2 mm.(planche V).

D'autre part, la droite de longueur constante 0 mm. (planche V) coupe l'axe des abscisses au point — 0,3 ampères. Les triangles semblables nous donnent la relation :

$$\frac{W_0}{J + 0.5} = \frac{310}{14, + 0,5}$$

d'où

$$W_0 = 21,38 \text{ J} + 10,69 \ldots . \qquad (4)$$

Si l'on substitue la valeur W_2 de l'équation (3) et la valeur W_0 de l'équation (4) dans l'équation (1), on aura en définitive

$$\frac{W - 21,38 \text{ J} - 10,69}{l} = \frac{27,45 \text{ J} + 41,17 - 21,38 \text{ J} - 10,69}{2}$$

d'où la relation générale de la puissance consommée

$$W = EJ = 21,38 . \text{ J} + 10,69 + \text{J} . l . 3,03 + 15,24 \, l \ldots . (I)$$

puis en divisant cette expression par J, on obtiendra pour la différence de potentiel

$$E = 21,38 = 3,03 \, l + \frac{15,24 \, l + 10,69}{J} \ldots . (II)$$

Nous avons procédé de la même façon pour tous les autres métaux.

Conclusions

Le tableau suivant donne les expressions générales avec les coefficients numériques qui résultent de l'ensemble de nos expériences.

Or ....$E = 20,82 + 4,62 . \, l + \dfrac{20,97 . \, l + 12,17}{J}$

Platine......$E = 24,29 + 4,80 . \, l + \dfrac{20,33 . \, l}{J}$

Argent......$E = 14,19 + 3,64 . \, l + \dfrac{19,01 . \, l + 11.36}{J}$

Palladium...$E = 21,64 + 3,70 . \, l + \dfrac{21,78 . \, l}{J}$

$$\text{Cuivre}\ldots\ldots E = 21{,}38 + 3{,}03.\ l + \frac{15{,}24.\ l + 10{,}69}{J}$$

$$\text{Cobalt}\ldots\ldots E = 20{,}71 + 2{,}05.\ l + \frac{10{,}12.\ l + 2{,}07}{J}$$

$$\text{Nickel}\ldots\ldots E = 17{,}14 + 3{,}89.\ l + \frac{17{,}48\ l}{J}$$

$$\text{Fer}\ldots\ldots\ldots E = 15{,}73 + 2{,}52.\ l + \frac{15{,}02\ l + 9{,}44}{J}$$

Les différences entre l'observation et le calcul effectué par ces formules ne diffèrent en général que de quantités de l'ordre des erreurs d'expériences. On peut donc considérer la formule de Mme Ayrton comme applicable dans les limites de nos recherches. Les quelques divergences entre les points calculés et observés peuvent être expliquées par les difficultés que présentent toujours les expériences sur l'arc entre électrodes métalliques, particulièrement si on dépasse les distances de 2 à 3 mm.

La formule de Mme Aryton contenant quatre coefficients, il paraît assez naturel à première vue que cette formule donne des résultats plus exacts que tout autre renfermant un nombre de coefficients moindre[1].

Néanmoins, elle a l'avantage d'être susceptible d'une interprétation assez vraisemblable, comme l'a fait remarquer Mme Ayrton. En effet, si nous considérons la formule générale

$$E = a + bl + \frac{c + dl}{J}$$

[1] Nous donnons ci-après les principales formules représentant la différence de potentiel de l'arc :

Edlund $E = a\,J + b.\ J.\ l$

Fröhlich $E = a + b.\ l$

S. P. Thompson $E = a + \frac{b.\ l}{J}$

Duncan, Rowland, Todd $E = a + a' + \frac{bl}{J\ 0{,}7}$

Freedman $E = a + a' + JR$

le premier terme a représente la somme des chutes anodique et cathodique. C'est la force électromotrice au dessous de laquelle l'arc ne peut s'établir.

Le second terme nous indique qu'à intensité constante (et si l'intensité est assez grande pour que le troisième terme soit négligeable) la différence de potentiel augmente avec la longueur de l'arc.

Cela résulte vraisemblablement, selon nous, du fait qu'en augmentant la longueur de l'arc, nous diminuons la proportion de vapeurs métalliques placées sur le trajet du courant électrique ; or des expériences entreprises récemment par l'un de nous, en collaboration avec M. A. Bron, ont montré que la chute de potentiel dans la colonne gazeuse dépend dans une large mesure de la nature et de la quantité des vapeurs métalliques.

Enfin le troisième terme (si la longueur de l'arc est petite) diminue inversement proportionnellement à l'intensité du courant, par suite de l'augmentation de la section de l'arc.

Ces diverses raisons expliquent donc pourquoi la formule de Mme Ayrton doit donner (dans certaines limites) des résultats conformes à l'expérience et meilleurs que les formules précédemment citées.

Si l'on compare les valeurs que nous avons trouvées pour le coefficient a de la formule (II) avec celles obtenues par d'autres expérimentateurs, nous voyons que nos valeurs sont toujours un peu inférieures (particulièrement pour le nickel et le fer).

Nous pensons que la cause de cette divergence résulte du fait que nous avons donné à l'arc une stabilité aussi grande que possible, ce qui diminue les chances d'extinctions, souvent de durée imperceptible, et les

élévations momentanées de voltage qui accompagnent l'instabilité de l'arc.

D'une façon générale, nous estimons que la stabilité est la condition fondamentale pour effectuer des mesures dans de bonnes conditions et les valeurs plus petites de a que nous avons obtenues nous semblent précisément l'indication d'une plus grande stabilité.

Genève. Laboratoire de physique de l'Université.

SUR LA

CONDENSATION DU PYRROL

AVEC

l'aldéhyde formique et le chlorure de méthylène

PAR

Amé PICTET et Auguste RILLIET

Selon une hypothèse qui a été émise il y a quelque temps par l'un de nous[1], la formation des alcaloïdes pyridiques dans les plantes serait due à l'action de l'aldéhyde formique sur les dérivés pyrroliques engendrés dans la désagrégation des matières protéiques. Cette hypothèse, basée surtout sur des considérations d'ordre théorique, demandait l'appui de l'expérience; c'est ce qui nous a engagés à étudier l'action exercée *in vitro* sur le pyrrol par la formaldéhyde et le chlorure de méthylène, ainsi que l'influence de la chaleur sur les produits ainsi obtenus.

Action de l'aldéhyde formique sur le pyrrol.

L'action des aldéhydes sur les composés de la série du pyrrol a été fort peu étudiée jusqu'ici. On ne trouve

[1] A. Pictet. Quelques considérations sur la genèse des alcaloïdes dans les plantes. *Archives des sc. phys. et nat.*, 1905, t. XIX, p. 329.

guère à ce sujet, dans la littérature chimique, que les deux observations suivantes :

1° En faisant agir la paraldéhyde sur le pyrrol en présence d'acide chlorhydrique ou de chlorure de zinc, Dennstedt et Zimmermann[1] ont obtenu un produit de condensation, qui se décompose à la distillation en donnant, entre autres, un C-éthylpyrrol. Les cétones (acétone, méthyléthylcétone, diéthylcétone) se comportent d'une manière analogue.

2° Feist[2] a constaté que certains composés pyrroliques se condensent avec l'aldéhyde benzoïque (ou avec ses dérivés de substitution) sous l'influence du bisulfate de potasse, en fournissant des produits qui semblent appartenir à la série du phényldipyrrylméthane.

Ces deux indications ne permettaient pas de prévoir quelle serait l'action de l'aldéhyde formique sur le pyrrol. Nos expériences ont donné les résultats suivants :

Agité à froid avec une solution de formaldéhyde à 40 °/₀, le pyrrol réagit très vivement au bout de quelques minutes. Il y a grand dégagement de chaleur et formation d'un produit insoluble et coloré en rouge foncé, que nous n'avons pas examiné de plus près. Si, par contre, on emploie une solution d'aldéhyde dix fois plus étendue (4 °/₀), la réaction n'a plus lieu à froid ; elle doit être provoquée par une légère élévation de température ; le liquide se trouble alors, et laisse déposer un précipité blanc très ténu, qui ne se

[1] *Berichte* **19**. 2189; **20**. 2449.
[2] *Berichte* **35**. 1647.

rassemble et ne se laisse bien filtrer qu'après addition de quelques gouttes de soude ou de carbonate de soude.

La condensation a lieu encore mieux lorsqu'on ajoute une ou deux gouttes d'acide sulfurique au mélange de formol et de pyrrol. Le liquide devient trouble au bout de peu d'instants, en abandonnant un produit pulvérulent qui est identique au précédent.

Le composé en question possède des propriétés qui indiquent dès l'abord qu'il constitue un produit de condensation assez compliqué. Il est insoluble dans la plupart des solvants organiques usuels (alcool, benzène, chloroforme, tétrachlorure de carbone), ainsi que dans les acides et dans les alcalis; nous n'avons donc pu l'obtenir à l'état cristallisé. L'acide chlorhydrique concentré le noircit à l'ébullition ; il se colore peu à peu en rouge à l'air et ne possède pas de point de fusion ; chauffé à l'abri de l'air, il se décompose vers 300° sans fondre.

L'analyse de ce composé [1], que nous appelons provisoirement *formaldéhyde-pyrrol*, conduit à la formule $C_{11}H_{12}N_2O$. Il prend donc naissance par condensation de 2 molécules de pyrrol avec 3 molécules d'aldéhyde formique, selon l'équation suivante :

$$2\ C_4H_5N + 3\ CH_2O = C_{11}H_{12}N_2O + 2\ H_2O$$

Le rendement est assez élevé ; en partant de 2 gr. de pyrrol et de 1,6 gr. d'aldéhyde, nous avons obtenu

[1] Pour le détail des analyses, voir : A. Rilliet. Recherches sur la transformation des dérivés du pyrrol en bases pyridiques. Thèse de doctorat, Genève 1907.

2,5 gr. de formaldéhyde-pyrrol, soit 83 % de la quantité théorique.

Il est à remarquer que la formaldéhyde se combine dans la même proportion moléculaire (3:2) au phénol[1] et à l'aniline[2].

Distillation sèche du formaldéhyde-pyrrol.

Nous avons soumis 9 gr. du composé à la distillation sèche. Le produit de l'opération se sépare en deux couches : une couche inférieure aqueuse et une huile jaune pâle surnageante. Cette dernière possède l'odeur du pyrrol, colore en rouge cerise le bois de sapin humecté d'acide chlorhydrique, ne se dissout ni dans les acides, ni dans les alcalis, et réagit violemment avec le potassium en dégageant de l'hydrogène. Soumise à la distillation, elle passe entre 140 et 150°. Dissoute dans l'alcool et additionnée de chlorure mercurique, elle fournit un sel de mercure insoluble, blanc et amorphe, qui fond à 74-75° en se décomposant. Ces propriétés suffisent à identifier ce corps avec l'*α-méthyl-pyrrol :*

```
HC——CH
||    ||
HC    C - CH3
  \  /
   N
   H
```

On voit, d'après cette expérience, que la réaction de l'aldéhyde formique avec le pyrrol a lieu d'une manière très analogue à celle de l'aldéhyde acétique, observée

[1] J. Breslauer. Sur quelques nouvelles réactions de l'aldéhyde formique. Thèse de doctorat, Grenoble 1907.

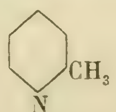
[2] Raikow, *Chemiker Zeitung* **20**. 307.

par Dennstedt et Zimmermann. Il y a dans les deux cas formation d'un produit de condensation complexe, qui se décompose à la distillation en donnant, comme produit principal, un pyrrol alcoylé.

La couche aqueuse qui se forme dans cette distillation à côté du méthylpyrrol a une réaction alcaline et renferme une base qui, à en juger par son odeur, semble appartenir à la série pyridique. Mais sa quantité était trop faible pour que nous ayons pu songer à l'isoler et à la caractériser.

Distillation du formaldéhyde-pyrrol avec la poudre de zinc.

En présence de poudre de zinc, la décomposition pyrogénée du formaldéhyde-pyrrol prend une toute autre allure. 10 gr. du composé nous ont fourni quelques cc. d'un liquide huileux, rougeâtre, presque entièrement soluble dans l'eau et dans les acides, possédant une odeur prononcée de bases pyridiques et distillant entre 120 et 180°. En précipitant la solution aqueuse de ce liquide par le chlorure mercurique et en faisant recristalliser plusieurs fois le précipité dans l'eau chaude, nous avons obtenu de petites aiguilles blanches, fusibles à 160-161°. Ce point de fusion coïncide exactement avec celui du sel de mercure de l'*α-picoline* :



Nous croyons donc pouvoir en conclure que la distillation du formaldéhyde-pyrrol sur la poudre de zinc

fournit un mélange de bases pyridiques, dont la plus abondante est l'α-picoline. Il y a donc ici, comme dans de nombreux cas semblables, transformation d'un dérivé pyrrolique en dérivé pyridique par entrée d'une chaîne latérale dans le noyau, et la preuve est ainsi donnée, quoique d'une manière indirecte, que, conformément à l'hypothèse énoncée plus haut, certaines bases pyridiques peuvent prendre naissance à partir d'un dérivé pyrrolique et de l'aldéhyde formique.

Quant à la constitution du formaldéhyde-pyrrol, les deux modes de décomposition décrits ci-dessus ne suffisent pas à l'établir avec certitude.

Action du chlorure de méthylène sur le pyrrol potassique.

Cette réaction a déjà été l'objet de quelques essais de la part de Ciamician et Dennstedt[1], qui avaient espéré arriver ainsi directement à une synthèse de la pyridine. Mais ces savants trouvèrent que le chlorure de méthylène n'agit dans ce sens ni à l'ébullition, ni à une température plus élevée.

En répétant cette expérience, nous avons observé qu'en effet il ne se forme pas de pyridine dans ces conditions, mais bien des composés neutres qui constituent deux *méthylène-dipyrrols* isomériques :

$$2\ C_4H_4NK + CH_2Cl_2 = (C_4H_4N)_2CH_2 + 2\ KCl$$

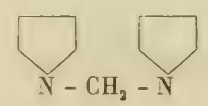
12,4 gr. de pyrrol potassique (2 mol.) et 5 gr. de chlorure de méthylène (1 mol.) sont chauffés pendant 2 h. en tube scellé à 120-130° (à plus haute tempé-

[1] *Berichte* **14**. 1160.

rature il se forme des résines). Après refroidissement, la masse semi-liquide et fortement colorée en brun est extraite par l'éther ; la solution éthérée est agitée à plusieurs reprises avec de l'acide chlorhydrique étendu puis séchée sur du chlorure de calcium. L'éther est ensuite chassé par distillation et le résidu fractionné : il passe d'abord un peu de pyrrol, puis le thermomètre monte rapidement à 250°. Entre 250 et 300°, la plus grande partie de la substance distille sous la forme d'une huile presque incolore, qui se prend par refroidissement en une masse solide, blanche et cristallisée. Celle-ci est un mélange de deux substances, que nous avons pu séparer par cristallisation dans l'alcool.

N-Méthylène-dipyrrol.

La partie la moins soluble dans l'alcool cristallise en longues aiguilles blanches, fusibles à 112°, insolubles à froid dans l'eau, les acides et les alcalis, peu solubles dans l'eau chaude et dans l'alcool froid, et facilement solubles dans l'éther et dans le benzène. L'analyse de ce composé conduit à la formule $C_9H_{10}N_2$. Il sublime déjà à la température du bain-marie en longues aiguilles, et colore en rouge-violet le bois de sapin humecté d'acide chlorhydrique. Il ne réagit pas, à l'état fondu, avec le potassium, ce qui montre qu'il ne renferme plus d'hydrogène lié à l'azote. Ces propriétés cadrent avec la formule constitutionnelle :



C-Méthylène-dipyrrol.

Les eaux-mères alcooliques de la cristallisation du composé précédent laissent par évaporation une huile brunâtre qui ne tarde pas à se solidifier. Purifié par des cristallisations répétées dans l'éther de pétrole, ce second produit se présente sous la forme de paillettes brillantes, ou de larges aiguilles d'un blanc éclatant, fusibles à 66° et colorant en violet le bois de sapin. L'analyse montre que ce corps a la même composition que le précédent, exprimée par la formule $C_9H_{10}N_2$. Il est, comme lui, insoluble dans l'eau, les acides et les alcalis, un peu soluble dans l'eau chaude et très soluble dans l'éther et dans le benzène. Ce qui le distingue tout particulièrement de son isomère, c'est qu'il réagit vivement à son point de fusion avec le potassium ; il y a dégagement d'hydrogène et formation d'un sel blanc, insoluble dans l'éther, et qui, traité par l'eau, régénère la substance primitive.

Ce dernier fait montre que le groupe NH du pyrrol subsiste dans ce composé ; il constitue donc un *C-méthylène-dipyrrol* ou *dipyrrylméthane* de l'une des formules suivantes :

$- CH_2 -$ $- CH_2 -$

NH   NH   NH   NH

I   II

D'après toutes les expériences qui ont été faites jusqu'ici dans la série du pyrrol, on doit, croyons-nous, admettre que le N-méthylène-dipyrrol forme le produit primordial de l'action du chlorure de méthylène sur le

pyrrol potassique, mais qu'il subit déjà à la température de la réaction une transformation partielle en C-méthylène-dipyrrol. Cette manière de voir est confirmée par l'expérience suivante :

Quelques grammes de N-méthylène-dipyrrol, parfaitement pur, sont introduits dans un tube, qui est ensuite scellé et chauffé pendant 4 h. à 300°. Après refroidissement, le contenu du tube, qui est devenu un peu plus foncé, mais qui a complètement repris l'état solide, est traité par l'alcool froid ; il y est facilement et entièrement soluble ; recristallisé dans l'éther de pétrole, il forme de larges aiguilles, dont le point de fusion est situé à 66°, et qui réagissent vivement avec le potassium. Il y a donc eu transformation complète du N-méthylène-dipyrrol en son isomère sous l'influence de la chaleur.

Cette transformation est tout-à-fait analogue à celles qui ont été observées, dans les mêmes conditions, chez un grand nombre d'autres dérivés du pyrrol [1]. Comme, dans ces derniers cas, la migration du radical lié à l'azote a toujours lieu dans la position α, il est infiniment probable qu'il en est de même ici et que par conséquent le C-méthylène-dipyrrol possède la formule I indiquée plus haut.

Essai d'une nouvelle synthèse de la nicotine à partir des méthylène-dipyrrols.

L'un de nous a montré que les pyrrols qui renferment un groupement CH_2R lié à l'azote, subissent, sous l'influence de la chaleur, deux transformations

[1] A. Pictet, *Berichte* **37**. 2792.

successives. La première consiste en une migration du groupe CH_2R dans la position α, la seconde réside dans l'entrée de ce même groupe dans le noyau pyrrolique, qui est converti de ce fait en un noyau pyridique, auquel reste attaché, dans la position β, le radical R. Ainsi le N-benzylpyrrol, distillé dans un tube chauffé au rouge sombre, se transforme successivement en α-benzylpyrrol, puis en β-phénylpyridine[1] :

N - CH_2 - → NH - CH_2 - → N

Il est vrai que le rendement en phénylpyridine est faible, parce que la majeure partie de la substance se décompose, par scission de sa molécule, en pyridine et en benzène.

Ce dernier fait ne nous a point empêchés de chercher à faire subir aux méthylène-dipyrrols la même série de transformations pyrogénées. L'analogie constitutionnelle étant complète entre le N-benzylpyrrol et le N-méthylène-dipyrrol, il était, en effet, à prévoir que ce dernier se comporterait de la même manière à haute température, et se convertirait d'abord en α-méthylène-dipyrrol, puis en $\alpha\beta$-pyridylpyrrol :

N - CH_2 - N → NH - CH_2 - NH → N NH

Or ce dernier corps peut être, ainsi qu'il résulte des travaux de MM. Pictet, Crépieux et Rotschy[2], trans-

[1] A. Pictet, *Archives*, 1905, t. XIX, p. 433.

[2] *Archives*, 1904, t. XVII, p. 401.

formé en nicotine. Nous serions donc arrivés ainsi à une seconde synthèse de cet alcaloïde, laquelle aurait présenté cet intérêt particulier, de montrer comment la nicotine peut prendre naissance dans les plantes à partir du pyrrol et de l'aldéhyde formique.

On vient de voir que la première phase de la réaction qui nous occupe (formation de l'α-méthylène-dipyrrol) a lieu déjà à une température relativement basse. Pour effectuer la seconde phase, nous avons distillé les deux méthylène-dipyrrols à travers un tube chauffé au rouge sombre. Nous avons, dans les deux cas, obtenu un produit liquide, dont nous avons séparé les parties basiques et les parties neutres au moyen de l'acide chlorhydrique.

Les parties neutres se sont montrées être formées principalement de pyrrol régénéré. Quant aux parties basiques, nous avons pu, par distillation fractionnée, en extraire une certaine quantité de pyridine, mais il ne nous a pas été possible d'isoler une base supérieure qui eût les propriétés de l'αβ-pyridylpyrrol. Si donc ce composé se forme, ce qui paraît probable, il subit la même décomposition que la phénylpyridine, mais d'une manière plus complète encore ; on ne retrouve à sa place que les deux produits de la scission de sa molécule, le pyrrol et la pyridine ; sa synthèse n'est donc pas réalisable par cette voie.

Genève. Laboratoire de chimie organique de l'Université.

LA ZONE DES COLS

ET LA

GÉOLOGIE DU CHAMOSSAIRE

PAR

Ch. SARASIN et L.-W. COLLET.

I. *La Zone des Cols en général.*

L'année dernière à pareille époque nous publiions une notice complémentaire sur la géologie des environs de la Lenk[1], dans laquelle nous montrions l'existence dans la zone des Cols de plis couchés et fermés au S., et nous considérions cette constatation comme contraire à la notion moderne d'envisager les Préalpes comme un lambeau d'une nappe de charriage venue du S. Depuis lors une série de courses faites dans diverses régions du Chablais et une nouvelle étude approfondie de la bibliographie si vaste qui concerne cette région nous ont amenés à la conviction que l'explication de la tectonique des Préalpes, donnée successivement par M. H. Schardt et M. M. Lugeon, reste la seule satisfaisante et la seule aussi qui cadre avec ce que nous

[1] C. Sarasin et L. Collet. Notice complémentaire sur la zone des Cols dans la région de La Lenk. *Archives,* 1906, t. XXII, p. 532-543.

savons maintenant de la structure géologique du système alpin dans son ensemble. Qu'il nous soit donc permis de rendre hommage ici, après tant d'autres, à la conception grandiose qu'ont créée nos deux confrères.

Et pourtant les difficultés que nous signalions dans l'application de l'interprétation de M. Lugeon à la zone des Cols subsistent. Il reste vrai que dans la région d'Adelboden, de la Lenk, et aussi de Lauenen, les formations préalpines, au lieu de se terminer au S. en un bord radical relevé et plaqué contre le front des plis haut-alpins, s'enfoncent sous ceux-ci en des plis fermés au S. Il reste vrai aussi que, comme l'un de nous le faisait remarquer déjà en 1894 [1], la zone de Flysch du Niesen se distingue absolument, par la composition de ses grès et de ses poudingues, de la zone de Flysch des Voirons, des Pléiades et du Niremont, avec laquelle M. Lugeon la raccorde sous les Préalpes médianes.

En cherchant à concilier ces faits avec la notion du charriage des Préalpes, nous sommes arrivés à une conception de la zone des Cols qui, tout en étant nouvelle, rappelle une idée émise sommairement il y a quelques années par M. H. Douvillé [2]. Comme nous l'indiquons dans la figure ci-jointe, le bord radical de la zone des Cols n'existe pas le long de la bordure des plis haut-alpins où on ne le trouve jamais, il se place en profondeur entre la zone du Niesen et la zone tria-

[1] C. Sarasin. De l'origine des roches exotiques du Flysch. *Archives*, 1894, t. XXXI et XXXII.

[2] Douvillé. Observations géologiques dans les environs d'Interlaken. *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 1900, t. XXVIII, p. 57-63, et les Ralligstöcke et le Gerihorn, 1903. Ibid., t. III, p. 119-221.

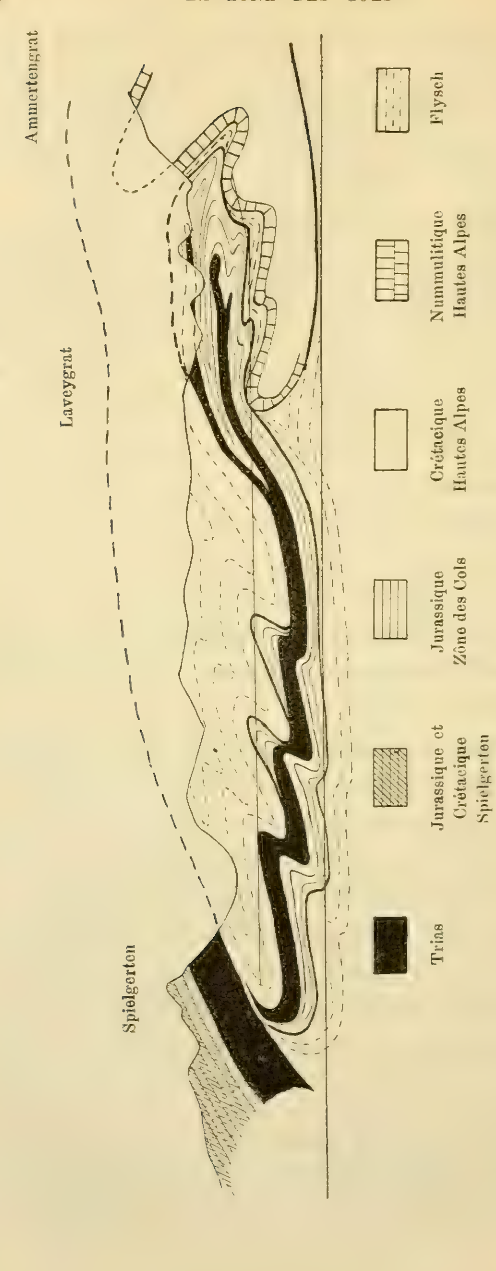


Fig. 1. — Coupe schématique à travers les Préalpes internes dans le Haut Simmenthal.

sique-jurassique de la Grande-Eau, de la Gummfluh et des Spielgerten, qui figure le bord radical des Préalpes médianes. Les plis de la zone des Cols sont bien au moins en majeure partie, fermés au S. Quant au Flysch du Niesen, il n'est pas en recouvrement stratigraphique sur les terrains secondaires de la zone des Cols ; il s'est déposé dans une toute autre région que ceux-ci ; il est haut-alpin et appartient très probablement à la couverture tertiaire du pli du Wildhorn. Tectoniquement la zône du Niesen représente, comme l'a dessiné M. Douvillé, la tête plongeante d'un anticlinal culbuté.

La genèse de cette tectonique curieuse peut facilement se concevoir. Une première nappe préalpine s'est formée et a atteint le front des plis haut-alpins ; ensuite une seconde nappe s'est developpée qui, chevauchant à son tour sur les plis haut-alpins a entraîné sous sa masse le Flysch qui couvrait ceux-ci, et l'a amassé en un pli couché devant le front des Hautes Alpes et sur la nappe de la zone des Cols ; celle-ci s'est enfoncée en synclinal entre ce pli de Flysch et les plis inférieurs et, rencontrant dans ce mouvement de multiples résistances, elle a pris la structure extrêmement compliquée que nous lui connaissons, elle s'est digitée et écaillée. Le rebroussement de la zone des Cols sous le pli plongeant du Niesen, que nous supposons ici, est du reste tout-à-fait comparable avec ce que nous voyons dans le soubassement du Culant (Chaîne des Diablerets), où une lame de Néocomien préalpin s'est insinuée en faux synclinal culbuté entre le pli plongeant des Diablerets et le pli sous-jacent de Morcles[1].

[1] Voir M. Lugeon. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse, fig. 3 *Bul. Soc. Géol. de Fr.* 1901, t. I, p. 723.

Rien du reste dans la tectonique ou la stratigraphie des Préalpes ne s'oppose à la conception que nous proposons, au contraire. Si d'abord la zone des Cols représente une nappe préalpine inférieure, les formations qui la composent doivent présenter des faciès voisins de ceux du front de la nappe suivante, soit des Préalpes externes, ce qui est le cas en effet. Par contre le Flysch du Niesen appartenant à la couverture normale des plis haut-alpins, tandis que celui des Voirons-Pléiades recouvre stratigraphiquement le Crétacique des Préalpes externes, les différences qui séparent ces deux Flysch s'expliquent d'elles-mêmes.

En second lieu nous savons que le Flysch du Niesen repose depuis Frutigen jusqu'à la Lenk, directement sur le Trias, qui représente le terme supérieur d'une série renversée ; ce contact n'est certainement pas stratigraphique ; il se conçoit par contre fort bien, si l'on admet d'abord un chevauchement du Trias sur le Flysch, puis un renversement du tout par les plissements ultérieurs. La disposition des dépôts du Trias et du Jurassique dans la région de Spiez vient encore à l'appui de cette interprétation.

La disparition de la zone des Cols et du Flysch du Niesen dans le Val d'Illiez devient très facile à comprendre, si l'on admet, comme nous le faisons, que l'un et l'autre ne se prolongent pas sous les Préalpes médianes; il suffit en effet que l'érosion ait pénétré plus profondément, pour que tous deux aient été supprimés complètement. Il parait en outre probable que, le pli supérieur du Wildhorn s'amortissant dans la direction de l'W., son enveloppe de Flysch s'est écoulée de moins en moins loin sur la zone des Cols rebrous-

sée et que celle-ci a fini par disparaître elle-même en tant qu'unité tectonique indépendante.

L'objection qu'on pourrait trouver dans l'absence ou le faible développement des grès du Flysch entre le Nummulitique du pli du Wildhorn et les lambeaux à faciès préalpins du Rohrbachstein, du Laufbodenhorn, etc... signalés par M. Lugeon n'a pas grande signification, puisque nous supposons justement que le Flysch du dos du Wildhorn a été entraîné vers le N. sous les nappes préalpines et qu'il a par conséquent abandonné, au moins en grande partie, sa position primitive. Par contre l'analogie des grès du Niesen avec les grès des environs de Taveyannaz d'une part, avec ce que Kaufmann a appelé le Wildflysch dans le soubassement du Morgenberghorn d'autre part, est si frappante, qu'elle impose un rapprochement. Il faut même remarquer à ce propos la remarquable similitude qu'il y a entre les blocs exotiques inclus dans le Flysch du Niesen et ceux qu'on retrouve dans la couverture des chaînes calcaires externes jusque dans le Toggenbourg [1].

Nous avons réservé pour la fin de ce chapitre la question, rouverte récemment par M. Renevier [2], de l'âge des grès du Niesen et des Ormonts. Après avoir cru un moment à la possibilité de l'âge jurassique de l'ensemble de ces couches, nous sommes convaincus maintenant, par la découverte de nombreuses Nummulites dans la région des Ormonts, que les grès du Niesen-Ormonts proprement dits sont bien tertiaires,

[1] Arn. Heim. Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch. *Eclogæ. Geol. Helvet.*, 1907, t. IX, n° 3, p. 413-424.

[2] E. Renevier. Brèche crystalline des Ormonts. *Eclogæ. Geol. Helvet.*, 1906, t. IX, p. 120-121.

et appartiennent probablement à l'Oligocène inférieur. Mais nous sommes persuadés aussi, que le front du pli plongeant du Flysch est profondément digité et que les grès du Niesen et les formations de la zone des Cols ont pénétré les uns dans les autres en des coins plus ou moins aigus, comme l'indique d'une façon du reste schématique notre figure, qui n'a pas, par parenthèse, la prétention de donner une coupe précise à travers la zone du Niesen. Il peut donc fort bien se trouver, au milieu même de cette zone, des dépôts jurassiques fossilifères, et parmi ceux-ci des grès grossiers quartzeux à Bélemnites du Lias, qui seront difficiles à délimiter relativement au Flysch.

Ayant précisé notre conception de la zône interne des Préalpes, nous sommes amenés à envisager la tectonique générale de ces chaînes. Pour nous la zone interne ne se raccorde pas avec la zone externe, nous ne supposons donc plus, comme M. Lugeon, 3 nappes préalpines superposées ; nous en admettons 2 : l'une, celle des Préalpes, est divisée en 3 digitations imbriquées, qui sont la digitation des Cols, la digitation de la zone externe, la digitation des préalpes médianes ; cette dernière seule a eu sa racine propre, puisque les 2 autres sont en sommes de simples écailles, détachées du front de la nappe. La seconde nappe est celle de la Brèche du Chablais Hornfluh, que nous connaissons par les travaux de MM. Lugeon et Fr. Jaccard[1]. Contrairement à l'opinion de MM. Schardt et Lugeon, le synclinal tertiaire de l'Alliaz et du Niremont serait pour

[1] Fr. Jaccard. La région de la Brèche de la Hornfluh. *Bull. Lab. Geol. Min. Geog. Phys. et Paleont.*, Lausanne, 1904.

nous peu profond et tout-à-fait comparable à celui qui sépare l'anticlinal du Vanil Noir de la zone Laitmaire-Gastlosen avec pourtant une plus grande ampleur.

Une dernière déduction qui découle forcément des considérations qui précèdent concerne l'époque relative de formation des plis haut-alpins et préalpins ; il est clair que les premiers ne pouvaient pas exister sous leur forme actuelle avant d'avoir été recouverts par les seconds, puisque les terrains préalpins pénètrent en coin dans les synclinaux haut-alpins. Nous croyons donc avec M. Schardt que la couverture sédimentaire du massif de l'Aar s'est écoulée au N. en plis couchés sous la masse chevauchante des Préalpes, et nous considérons comme très probable que la poussée des nappes préalpines a contribué pour une part importante à la naissance de ces plis sousjacents. Il y aurait donc contemporanéité entre les plissements définitifs des Hautes-Alpes et des Préalpes.

II. *Le Chamossaire.*

Les connaissances que nous possédons de la géologie du Chamossaire sont tirées essentiellement de la description qu'en a donnée, en 1890, Renevier dans sa monographie des Hautes-Alpes vaudoises. Les profils à travers cette chaîne publiés postérieurement par M. Schardt (Livret Guide) ne sont en somme que la copie de ceux de Renevier, modifiés il est vrai quant à l'interprétation du soubassement suivant les idées de l'auteur. Or Renevier et après lui M. Schardt considèrent tous deux le Chamossaire comme formé par une lame normale de Trias, de Lias et de Dogger chevau-

chant sur le Flysch et recouverte d'autre part vers le S.-E. par du Flysch ; tous deux raccordent directement le Dogger de la vallée de la haute Gryonne avec la Brèche du Chamossaire qu'ils attribuent au même niveau. Enfin, M. Schardt voit dans la lame du Chamossaire le prolongement de la zone écrasée de terrains jurassiques qui s'intercale, en se relevant vers le N.-W., dans la masse de Flysch du Chaussy [1].

Poursuivant notre étude de la zone des Cols, nous avons entrepris cet été une série d'excursions dans la région en question, et nous sommes arrivés à une conception nettement différente de celle des auteurs précités. Nous avons reconnu en particulier qu'il y a au Chamossaire, en superposition sur le Flysch, non pas une lame chevauchante, mais deux, qui sont tectoniquement et stratigraphiquement distinctes. Nous avons constaté en second lieu que les Brèches du Chamossaire ne recouvrent pas stratigraphiquement le Toarcien et ne sont pas du Dogger, mais qu'elles se superposent mécaniquement sur divers termes du Jurassique par l'intermédiaire d'une zône discontinue de Trias et qu'elles appartiennent au Lias.

A. *Stratigraphie.* Comme nous venons de l'indiquer, nous devons distinguer deux séries stratigraphiques nettement différentes ; l'une inférieure se rattache par son faciès aux formations de la zone des Cols, l'autre supérieure constitue dans cette zone un élément hétéroclite dont nous aurons à rechercher les affinités vraies.

Pour se faire une idée de la série inférieure, le meil-

[1] Schardt. Livret guide, p. 180.

leur moyen est de monter du ravin de la Gryonne au-dessous d'Arveyes par les Loveresses et la crête de Teisaz Joux à Bretaye. Cette série a du reste été décrite par Renevier[1] et nous aurons peu d'observations à faire à son sujet.

Sur le Trias de la Gryonne affleurent, au Fondement sous Arveyes, des calcaires noirs compacts à Arietites. Vers le haut ces calcaires deviennent plus lités et alternent avec des marnes; ils passent ainsi progressivement à des schistes noirs, argileux, micacés qui contiennent de rares bancs gréseux et qui sont sillonnés par places de veines ochreuses. Ces schistes se suivent depuis le ravin de la Gryonne, le long du versant occidental de la crête de Teisaz Joux, jusque sous l'Aiguille; ils se retrouvent autour de Bretaye et percent en fenêtre à l'W. de Conches sous la Brèche du Chamossaire. Ils contiennent par endroits des fossiles du reste mal conservés qui sont en majeure partie des Harpoceratidés; Renevier en cite entr'autres *Grammoceras radians*, *Harpoceras serpentinum*. Nous avons de notre côté récolté à Bretaye et à Conches des ammonites qui paraissent se rapporter à ces mêmes espèces; mais nous possédons d'autre part une Ludwigia provenant de ces mêmes schistes et qui parait être *Ludwigia Murchisonae*. Nous arrivons ainsi à la conclusion que dans ce complexe schisteux rentrent les niveaux stratigraphiques du Toarcien et du Bajocien inférieur; peut-être le Charmouthien y est-il encore compris.

Sur ces schistes noirs se superposent des calcaires foncés, gréseux et finement spathiques caractérisés par

[1] Renevier. Mat. Carte geol. XVI Liv. 1890.

l'abondance des Zoophycos. Renevier signale la découverte dans ces couches, au Roc des Fares, de *Stephanoceras Humphriesi* et *Parkinsonia Garanti*. De notre côté nous avons récolté dans le même complexe vers la carrière de Villars une Belemnite du type de *B. canaliculatus*. Nous croyons donc pouvoir attribuer les calcaires à Zoophycos au Bajocien supérieur et au Bathonien.

Le complexe suivant se compose de couches marneuses et schisteuses ayant une teinte grise plus ou moins foncée, qui les fait ressembler d'une façon presque absolue au Lias supérieur, et en effet cette confusion a été faite souvent par Renevier. Dans cet ensemble schisteux nous croyons pouvoir distinguer deux niveaux, qui du reste ne sont pas partout conservés. Le niveau inférieur comprenant des bancs de calcaire marneux nombreux et qui affleure en particulier sous Ensex, nous a fourni des débris de Peltoceras et une Oppelia indéterminable : il représente le Callovien. Le niveau supérieur, oxfordien, est plus schisteux, les bancs calcaires y sont rares et les fossiles malheureusement très peu abondants ; nous en possédons un *Belemnites hastatus* récolté vers l'extrémité Nord de la crête de Teisaz Joux. Comme caractères distinctifs entre l'Oxfordien et le Lias supérieur, nous pouvons citer l'absence de bancs gréseux et micacés et la présence par contre de bancs marno-calcaires. L'Oxfordien existe sur tout le versant E. de la crête de Teisaz Joux et est surtout développé dans la région d'Ensex. Il apparaît en fenêtre sous la Brèche vers le lac Noir au Nord de Bretaye. C'est de ce gisement que Renevier cite un *Belemnites canaliculatus*.

Avec ce niveau se termine la série inférieure du Chamossaire qui ne comporte à notre connaissance aucun terme équivalent au Malm proprement dit.

La série supérieure du Chamossaire commence avec une bande de corgnieules, qui affleurent d'abord au fond d'Orsay, ensuite au-dessus du chemin conduisant de Bretaye à Ensex. On peut voir très nettement soit au fond d'Orsay, soit au-dessus du Commun de Charmet, comment les calcaires dolimitiques du Trias sont recouverts directement par des calcaires spathiques, qui eux-mêmes ne tardent pas à se transformer vers le haut en brèche calcaire à gros éléments. La zone de schistes toarciens que Renevier dessine entre le Trias et le complexe de la Brèche du Chamossaire n'existe pas, mais l'erreur commise par notre vénéré prédécesseur s'explique par une complication locale survenue dans les environs de Bretaye et sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir plus loin. Toute la région culminante du Chamossaire est constituée par ces brèches alternant avec des calcaires spathiques : vers le haut ces couches se chargent en éléments siliceux. En fait de fossiles, on trouve en très grande quantité des Bélemnites, qui sont malheureusement impossibles à dégager, mais dont la forme régulièrement cylindrique et dépourvue de sillon est nettement liasique, voisine du *Belemnites niger ;* quelques échantillons à rostre très court ressemblent à *Belemnites brevis* et *B. acutus*.

L'idée de l'âge médiojurassique de la Brèche du Chamossaire, émise par Renevier, était basée uniquement sur la superposition de cette brèche sur des

schistes toarciens. Nous venons de voir que cette superposition ne constitue en aucune façon la règle et nous démontrerons plus loin que là où elle existe elle est due à un recouvrement mécanique. Nos fossiles parlant d'autre part nettement en faveur d'un âge liasique, nous croyons pouvoir considérer cet âge comme démontré.

Il nous reste maintenant à dire quelques mots du Flysch, pour lequel nous ne voulons pas préjuger dès maintenant s'il appartient à la série inférieure ou à la série supérieure du Chamossaire, ou encore à une autre unité stratigraphique.

Ce Flysch se trouve essentiellement dans trois territoires distincts dans la ligne de notre profil. D'abord dans les pentes qui dominent la Grande Eau au S.-E. où il est sousjacent à la Brèche du Chamossaire, ensuite dans la région de Perches, du Riondel et du Meilleret, enfin à l'E. du Col de la Croix. Dans les deux premiers territoires le Flysch en question se rattache exactement par son faciès aux grès et brèches des Ormonts ; les formations qui prédominent de beaucoup sont des grès grossiers, quartzeux, et des conglomérats, formés tantôt surtout d'éléments calcaires, tantôt de fragments cristallins. Dans les brèches cristallines l'élément le plus caractéristique est un granit à oligoclase verdâtre, dont les blocs atteignent souvent de grandes dimensions et qui est identique à celui qu'on trouve à Aigremont et à la montée de la Comballaz. Les grès paraissent contenir presque toujours des individus disséminés de petites Nummulites et d'Orthophragmina qu'on ne peut guère constater qu'en coupes minces. En outre on voit s'intercaler dans les grès, par places, en particulier dans

le fond d'Orsay et au Roc de la Breyaz, des bancs enrichis en calcaire qui, d'après les coupes minces que nous en possédons, sont essentiellement formés de Lithothamnium, de Nummulites et d'Orthophragmina. A côté du faciès gréseux le Flysch comprend des schistes argileux associés à des bancs minces de grès, qu'il est difficile de distinguer du Lias supérieur.

Nous savons par le profil du Chaussy que les deux zones de Flysch que nous venons d'examiner se rejoignent en enveloppant au N. W. des formations jurassiques, qui sont évidemment le prolongement de notre série inférieure du Chamossaire.

Quant à la troisième zone de Flysch qui passe à l'E. du Col de La Croix, Renevier la confond sur sa carte avec le Dogger à Zoophycos: mais il ne cite aucun argument en faveur de cette manière de voir, et en réalité les couches en question sont si absolument semblables au Flysch du Riondel que nous ne pouvons pas les en séparer. A l'appui de ce rapprochement nous pouvons encore citer le fait que les grès et schistes de La Croix s'appuient au S.-E. sur une lame de Crétacique supérieur à Globigerines et *Pulvinula tricarinata*, qui est bien visible près d'Arpille et qu'on retrouve sous forme de mince zone intensément laminée entre le Cretez et Chaux d'en Haut. Cette bande de calcaires crétaciques jalonne d'une façon fort utile la limite entre le Flysch de Taveyannaz, qui enveloppe le pli des Diablerets, et celui de La Croix-Perche-Fond d'Orsay, qui appartient suivant nous à un pli haut-alpin supérieur. C'est du reste évidemment cette bande calcaire que Renevier a prise pour du Dogger et qui l'a amené à attribuer au même étage les couches susjacentes.

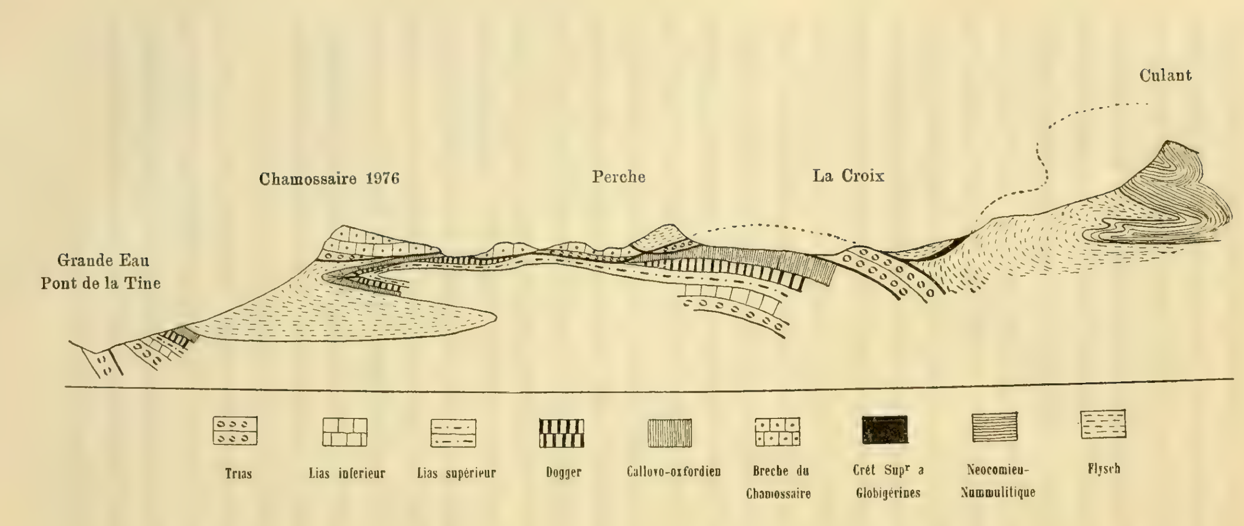


Fig. 2. — Profil Chamossaire.-Col de la Croix.

N.-B. — La série triasique-jurassique indiquée dans cette coupe sur la rive gauche de la Grande Eau est schématisée; elle n'est en réalité nulle part complète, mais comporte partout des laminages plus ou moins accentués.

B. *Tectonique.* Pour nous rendre compte de la structute tectonique du Chamossaire, nous l'aborderons d'abord du S. W. En montant de Villars à Bretaye, on remarque avant tout l'arrête nettement dessinée de Teisaz-Joux ; celle-ci est due à une zone de calcaire à Zoophycos qui affleure sur son versant W., surmontant des schistes noirs du Lias supérieur, et qui s'enfonce à l'E. sous les schistes également noirs du Callovien-Oxfordien. Cette série est bien visible au-dessus d'Arveyes, on la retrouve sur le sentier d'En Soud et jusque près de Sur Beau Cul. mais les calcaires du Dogger subissent un amincissement vers le N. et finissent semble-t-il par s'effiler complètement entre les deux zones des schistes qui les encadrent, en sorte que celles-ci deviennent très difficiles à délimiter.

Dans le soubassement S. de l'Aiguille (point 1904 carte au 1 : 50000) affleurent des schistes noirs, qui appartiennent probablement en grande partie au Lias supérieur, en petite partie à l'Oxfordien ; nous avons en effet, trouvé un peu au-dessous de la zone des corgnieules un *Belemnites hastatus*. Sur cet Oxfordien vient une zone peu épaisse de corgnieules triasiques plongeant faiblement au N. qui supportent directement la Brèche du Chamossaire. Celle-ci forme le petit sommet de l'Aiguille, derrière lequel on voit réapparaître immédiatement une nouvelle zone de schistes noirs qui vers Bretaye s'enfoncent au N. sous la masse principale de la Brèche du Chamossaire. Ces schistes de Bretaye contiennent les bancs gréseux et ochreux caractéristiques du Toarcien-Opalinien ; ils nous ont fourni quelques débris d'Ammonites, qui paraissent appartenir à des Harpoceratidés du Lias supérieur.

L'intercalation de cette zone liasique entre la Brèche de la masse principale du Chamossaire et celle de l'Aiguilie et l'absence de Trias à la base de la Brèche vers Bretaye ont amené Renevier à supposer une intercalation de Lias entre la Brèche et le Trias. Cette erreur était d'autant plus facile que les schistes liasiques, démantelés et entraînés par le ruissellement, ont coulé en masse le long du versant E. de l'Aiguille, semblant ainsi passer sous la Brèche. En réalité cette intercalation n'existe pas comme on peut facilement s'en convaincre en montant à l'Aiguille depuis le S. La Brèche du Chamossaire avec du Trias à la base est en

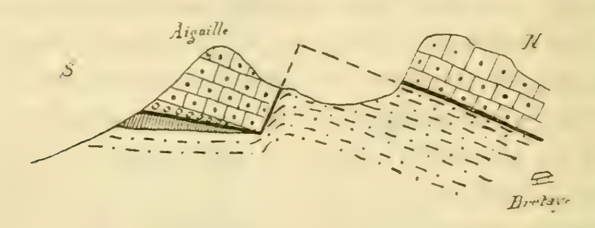


Fig. 3. — Coupe de l'Aiguille vers Bretaye.
(Mêmes signes que sur la fig. 2).

chevauchement sur la série sousjacente de Lias, Dogger et Oxfordien ; dans le plan de chevauchement des laminages intenses se sont produits, qui ont supprimé par places soit le Trias de la masse chevauchante, soit l'Oxfordien et le Dogger de la masse chevauchée. En outre l'érosion particulièrement importante effectuée par la Petite Gryonne et probablement la dissolution de masses de gypse en profondeur ont déterminé un tassement du bord de la masse du Chamossaire et une descente, suivant une faille presque verticale, de la Brèchede l'Aiguille (voir figure ci-jointe).

Comme confirmation de la remarque que nous venons de faire nous constatons que les schistes de Bretaye se suivent vers l'W. jusqu'au-dessus de Barboleuse, où ils se confondent avec ceux de Sur Beau Cul; puis dans la direction d'Orsay on voit s'intercaler entre eux et la Brèche du Chamossaire une mince zone de brèche polygénique à gros éléments granitiques (Flysch des Ormonts) et une zone de corgnieules et calcaires dolomitiques, qui passe stratigraphiquement à la Brèche liasique. Ici de nouveau aucune zone schisteuse n'existe entre le Trias et la Brèche du Chamossaire.

Ce qui vient d'être dit pour l'Aiguille pourrait être répété presque exactement pour le Roc à l'Ours (point 1884 carte au 1 : 50000), qui est formé lui aussi par un paquet de Brèche et de corgnieules, descendu le long d'une faille de tassement dans la masse sous-jacente des schistes jurassiques. La zone des schistes de Bretaye se suit aussi vers l'E. jusque près de Commun de Charmet, et là elle ne passe pas entre le Trias et la Brèche mais bien sous le Trias, cachée il est vrai en grande partie par les éboulis.

Dans tout le soubassement de la Chaux Ronde jusque près d'Ensex, le profil reste semblable à lui-même : sur la crête affleure la Brèche du Chamossaire avec ses calcaires spathiques qui passent vers la base insensiblement à une importante paroi de calcaires dolomitiques triasiques ; ceux-ci s'appuyent presque horizontalement sur des schistes marneux oxfordiens, dernier terme de notre série inférieure, qui prennent un développement particulièrement important dans les environs même d'Ensex.

Etudions maintenant la superposition de la Brèche

du Chamossaire sur la série inférieure, dans l'intérieur même du massif; nous la voyons d'abord dans la coupure qui relie Bretaye au Lac des Chavonnes. Le fond de cette tranchée est en effet constitué partout par des schistes noirs, qui appartiennent près de Bretaye au Lias supérieur, tandis que plus au N., entre le Lac Noir et le Lac des Chavonnes, ils sont, semble-t-il, oxfordiens. Renevier cite, en effet, des bords du Lac Noir un *Belemnites* ex af. *canaliculatus ;* de plus une zone de calcaires foncés, qui sépare les schistes de Bretaye de ceux du Lac Noir, représente à notre avis le Dogger à Zoophycos. Toutes ces couches sont recouvertes par la Brèche du Chamossaire, qui est repliée en synclinal à Bretaye, en voûte au Lac Noir et nous remarquons à ce propos que la série inférieure est plus complète sous l'axe de la voûte que sous le synclinal voisin, ce qui est logique.

Une autre fenêtre s'ouvre au travers de la Brèche près de Conches. Un peu au-dessous des chalets de ce nom apparaissent des calcaires noirs en bancs alternant avec des lits marneux, qui représentent le Dogger à Zoophycos. Un peu plus à l'W. sur le chemin de Conches à Bretaye, des schistes noirs nous ont fourni des débris d'Ammonites, dont l'une est une Ludwigia bien caractérisée. De nouveau ici la Brèche du Chamossaire recouvre le tout et, vers son contact avec le Dogger sousjacent, nous avons trouvé des blocs de corgnieules marquant la présence du Trias. Ce dernier devait exister primairement en plus grande quantité, mais a subi une dissolution importante du fait des eaux qui s'engouffrent sous Conches dans plusieurs dolines.

La cuvette du lac des Chavonnes parait, comme celle

des autres lacs du massif, être entièrement creusée dans les schistes jurassiques de la série inférieure, plus probablement dans l'Oxfordien ; ces schistes affleurent en particulier à l'extrémité orientale du lac et plus au N. dans la direction des chalets des Chavonnes.

Pour compléter notre description, il nous reste à donner un aperçu du grand cirque que forme le vallon de Coussy. Ici le trait dominant de la topographie est donné par une importante paroi de Dogger à Zoophycos, dont les couches presque horizontales font tout le tour du cirque. Au fond de celui-ci et sous le Dogger affleurent les schistes du Lias supérieur, qui atteignent une grande épaisseur et paraissent reposer au N. et à l'W. sur les grès polygéniques des Ormonts. Sur le Dogger vient une nouvelle zone de schistes noirs que nous attribuons à l'Oxfordien et qui est particulièrement bien visible sur le chemin de la Forclaz à Perche un peu avant les Chavonnes. Enfin vers les Chavonnes cet Oxfordien est recouvert par la Brèche du Chamossaire. De même plus à l'W., vers l'extrémité septentrionale du Chamossaire, on peut voir la Brèche avec le Trias qui la supporte se superposer au Dogger de Coussy. L'Oxfordien qui existe très probablement ici est recouvert par les éboulis. Enfin, dans le plan de recouvrement de la série inférieure par la Brèche, vers les Chavonnes, nous retrouvons des paquets de corgnieules triasiques.

Nous croyons avoir démontré par ce qui précède l'indépendance stratigraphique de la Brèche du Chamossaire relativement aux formations jurassiques sur lesquelles elle repose et la très grande probabilité de son âge liasique. Il nous resterait maintenant à exa-

miner les relations de cette même brèche avec le Flysch qu'elle recouvre dans la direction de l'W. tandis qu'elle parait le supporter au contraire dans la direction de l'E.

Au S. du Chamossaire dans les environs d'Orsay le Flysch pénétre en coin de l'W. à l'E. entre la série supérieure et la série inférieure, mais cette zone intercalée s'arrête bien avant Bretaye. Du Fond d'Orsay le Flysch se suit vers le N. jusqu'à La Forclaz surmonté, semble-t-il, directement par le Trias de la série supérieure; par contre entre La Forclaz et Coussy les conditions changent et le Flysch plonge cette fois au S.-E. sous la série inférieure de Lias et Dogger que nous avons décrite plus haut : il ne semble pas s'insinuer entre cette série inférieure et la Brèche du Chamossaire comme à Orsay. Enfin, suivant une ligne allant des Chavonnes à Perche, ce même Flysch recouvre la Brèche du Chamossaire, qui elle-même chevauche sur la série de Coussy. Si nous comparons ces données à ce que l'on sait du profil du Chaussy, nous devons nécessairement admettre que le Flysch enveloppe au N.-W. en une sorte de charnière les formations de la série inférieure, pour se superposer au bord radical renversé des Préalpes Médianes. Nous ne croyons pas par contre que la série supérieure ou série de la Brèche ait subi un semblable enveloppement et ceci surtout pour deux raisons. D'abord, comme nous l'avons exposé plus haut, la Brèche du Chamossaire représente un élément tout à fait étranger à la zone des Cols, et doit appartenir aussi tectoniquement à une unité distincte de celle-ci ; ensuite, si la Brèche du Chamossaire était enveloppée par le Flysch, elle

devrait se retrouver aux environs de Vers l'Eglise et dans le flanc du Chaussy, ce qui d'après les travaux de MM. E. Favre et H. Schardt ne parait pas être le cas.

Nous arrivons ainsi à considérer comme très probable que les grès du Flysch devaient passer non sur la Brèche du Chamossaire, mais entre celle-ci et la série inférieure. Si ces grès n'existent pas partout dans cette position, c'est qu'ils ont été laminés et entraînés au N. où ils se sont accumulés. Le recouvrement de la Brèche du Chamossaire par le Flysch à Perche et aux Chavonnes nous paraît être dû à une dislocation locale de faible importance; et, en corrélation avec cette idée, nous croyons pouvoir supposer que le Trias du Col de la Croix n'appartient pas à la même zone triasique que le Trias du soubassement de la Brèche. A l'appui de cette manière de voir, nous citons le fait que le prolongement du Trias du Col de La Croix au S. supporte, non la Brèche du Chamossaire, mais une série jurassique typique de la zone des Cols.

Nous sommes amenés ainsi à envisager la Brèche du Chamossaire comme un petit lambeau de recouvrement, appartenant à une nappe préalpine supérieure à la zone du Niesen-Ormonts et à celle des Cols, et nous nous demandons si, vu l'analogie incontestable de la Brèche du Chamossaire avec celle du Chablais, cette nappe ne serait pas la nappe de la Brèche. Dans ce cas il faudrait supposer le laminage sous le Chamossaire non seulement de la zone du Niesen, mais aussi de la nappe des Préalpes Médianes.

Pour terminer nous remarquerons que, dans le profil que nous avons établi, les formations de la zone des Cols

ne sont nulle part relevées en un bord radical redressé contre le front des Hautes Alpes et qu'elles sont au contraire couvertes par une zone pour ainsi dire continue de Flysch du Niesen. Cette observation concorde exactement avec celles que nous avons faites plus à l'E. et confirme l'interprétation que nous avons donnée ci-dessus de la tectonique des zones internes des Préalpes.

Genève. Laboratoire de géologie de l'Université.

RESUME MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1906

POUR

GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

R. GAUTIER
Professeur et directeur de l'Observatoire de Genève.

(Suite et fin[1].)

IV. Humidité de l'air.

La valeur de la *fraction de saturation* est, depuis 1901, appréciée en *pour cent*, et non pas en *millièmes*. Je n'ai conservé l'indication des dixièmes de pour cent que pour la valeur moyenne annuelle à Genève, afin de permettre la comparaison exacte avec le passé.

A *Genève*, la valeur de la fraction de saturation est, pour les six observations faites de jour, déduite des indications des deux thermomètres du psychromètre : pour les deux observations de nuit, 1 h. et 4 h. du matin, ses valeurs sont relevées sur les diagrammes de l'hygromètre enregistreur de Richard.

Le *tableau XVI* fournit, pour les huit observations

[1] Voir *Archives*, t. XXIV, novembre 1907, p. 513.

XVI. Fraction de saturation en pour cent. — Genève, 1906.

Période	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10h.m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu		Fréquence relat. de la saturation
Déc. 1905. .	89	90	90	86	77	83	87	88	86	50	100	32 fois	0.129
Janvier 1906	85	88	89	82	71	74	81	83	82	28	100	15 »	0.060
Février. . .	86	88	90	80	69	75	81	84	82	35	100	2 »	0.009
Mars	81	82	83	71	60	59	68	76	73	28	100	1 »	0.004
Avril	77	80	79	64	54	52	60	71	67	18	99		0.000
Mai	78	84	80	65	52	50	62	74	68	25	99		0.000
Juin	72	79	72	58	47	48	57	65	62	19	100	1 fois	0.004
Juillet . . .	82	87	78	65	53	52	66	74	70	18	99		0.000
Août	72	75	75	59	46	47	50	67	62	14	97		0.000
Septembre .	75	79	80	61	50	44	61	72	65	9	99		0.000
Octobre . .	90	92	93	76	66	70	76	86	81	39	100	7 fois	0.028
Novembre .	86	87	87	80	70	74	82	85	81	40	100	1 »	0.004
Décembre .	89	91	90	85	78	79	85	87	85	42	100	18 »	0.072
Hiver. . . .	87	89	90	83	74	77	83	85	83	28	100	49 fois	0.068
Printemps .	79	82	81	67	55	53	63	74	69	18	100	1 »	0.001
Été	75	81	75	61	49	49	60	69	65	14	100	1 »	0.001
Automne . .	84	86	87	73	62	63	73	81	76	9	100	8 »	0.011
Ann. météor.	81	84	83	71	60	61	70	77	73.3	9	100	59 fois	0.020
Année civile .	81	84	83	70	60	60	70	77	73.2	9	100	45 »	0.015

XVII. Écarts de l'humidité. GENÈVE, 1906.

Période	Fraction de saturation		Fréquence relative de la saturation	
	Moyennes (1849–1875)	Écarts pour 1906	Moyennes (1849–1875)	Écarts pour 1906
Décembre 1905....	86	0	0.147	− 0.018
Janvier 1906......	86	− 4	0.145	− 0.085
Février	82	0	0.096	− 0.087
Mars.............	75	− 2	0.039	− 0.035
Avril.............	70	− 3	0.016	− 0.016
Mai...............	70	− 2	0.016	− 0.016
Juin	70	− 8	0.010	− 0.006
Juillet............	68	+ 2	0.006	− 0.006
Août..............	71	− 9	0.009	− 0.009
Septembre........	77	−12	0.025	− 0.025
Octobre	83	− 2	0.083	− 0.055
Novembre	83	− 2	0.067	− 0.063
Décembre	86	− 1	0.147	− 0.075
Hiver............	85	− 2	0.130	− 0.062
Printemps........	72	− 3	0.024	− 0.023
Eté	69	− 4	0.008	− 0.007
Automne.........	81	− 5	0.058	− 0.047
Année météorol ...	76.8	− 3.5	0.055	− 0.035
Année civile	76.8	− 3.6	0.055	− 0.040

trihoraires, les valeurs moyennes de la fraction de saturation, pour les treize mois, les saisons et l'année; puis les valeurs de la *fraction de saturation moyenne* pour les mêmes périodes; enfin les minima et les maxima absolus. Lorsque le maximum correspond à la *saturation* complète, le nombre des cas de saturation est indiqué. Afin de rendre l'évaluation des *cas de saturation* comparable avec celle de l'ancien système des observations bihoraires, usité jusqu'en 1883, on a aussi calculé, comme précédemment, la *fréquence relative de la saturation*.

Le tableau *XVII* donne les *écarts* de la fraction de

XVIII. Fraction de saturation en pour cent.
GRAND SAINT-BERNARD, 1906.

PÉRIODE	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Fract. moy.	Min. abs.	Maximum absolu	Fréq. relat. de la satur.
Décembre 1905.	59	57	62	59	19	100 11 fois	0.118
Janvier 1906..	64	67	69	67	12	100 6 »	0.065
Février.......	77	71	74	74	16	100 1 »	0.012
Mars.........	71	70	75	72	10	100 4 »	0.043
Avril........	81	74	86	80	25	97	0.000
Mai..........	78	66	88	78	29	100 2 fois	0.022
Juin	77	62	91	76	22	100 5 »	0.056
Juillet.......	84	70	90	81	36	100 6 »	0.065
Août.........	72	58	79	70	15	100 3 »	0.032
Septembre....	76	59	80	72	23	100 9 »	0.100
Octobre......	78	74	85	79	24	100 8 »	0.086
Novembre....	71	73	74	73	11	100 13 »	0.144
Décembre.....	78	74	81	78	25	100 2 »	0.022
Hiver........	66	65	68	66	12	100 18 fois	0.067
Printemps....	77	70	83	77	10	100 6 »	0.022
Eté..........	77	63	87	76	15	100 14 »	0.051
Automne.....	75	69	79	74	11	100 30 »	0.110
Année météor.	74	67	79	73	10	100 68 fois	0.062
Année civile..	76	68	81	75	10	100 59 »	0.054

saturation et de la fréquence de la saturation avec les valeurs normales des « Nouvelles études sur le climat de Genève », de É. Plantamour.

Comme les cinq années précédentes et à un degré supérieur encore, 1906 présente, à *Genève,* une humidité inférieure à la moyenne de 1847 à 1875. Il n'y a qu'un écart positif, faible, en juillet, et deux écarts nuls; tous les autres sont négatifs, et le plus fort est en septembre. Les cas de grande sécheresse de l'air sont de nouveau assez fréquents, même plus qu'en 1904, et l'année peut être qualifiée de très sèche. Il y a aussi moins de cas de saturation complète de l'air, sensiblement moins que la moyenne et moins qu'en 1905.

Au *Grand Saint-Bernard*, les observations se font, depuis plus d'une année, à un nouvel hygromètre d'Usteri-Reinacher qui fonctionne bien. Il y a, comme l'année précédente un petit nombre de cas de grande sécheresse de l'air. Mais il y a aussi sensiblement moins de cas de saturation.

Au reste, l'humidité moyenne est la même qu'à Genève pour l'année météorologique et un peu supérieure seulement pour l'année civile. Mais la marche annuelle de l'humidité est très différente aux deux stations. Tandis qu'à Genève l'été est de beaucoup la saison la plus sèche (minimum en juin et août) et l'hiver la saison la plus humide (maximum en décembre), au Grand Saint-Bernard c'est à peu près l'inverse, en ce sens que l'hiver y est la saison de l'année la plus sèche (minimum en décembre 1905) et que le printemps et l'été sont les saisons les plus humides (maximum en juillet).

V. Vents.

Genève. — L'observation des vents se fait de deux manières différentes : 1° six fois par jour, à l'ancienne girouette, en exprimant la force du vent par les sept chiffres de 0 à 6 de la demi-échelle de Beaufort ; 2° au moyen de l'anémographe de Richard, enregistrant automatiquement la direction et la vitesse du vent.

Le *tableau XIX* donne les résultats généraux du premier système d'observation. Il fournit, pour les différents mois et pour l'année, le nombre des calmes et le nombre de fois où le vent a été observé, avec la force 1 ou avec une force supérieure, dans chacune des seize directions de la rose des vents, le chiffre indiqué

XIX. Vents observés. — GENÈVE. 1906.

	Décemb. 1905.	Janvier 1906.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.	Année météor.	Année civile
Calme ..	50	51	46	33	46	41	23	40	41	52	75	44	43	542	535
N	8	12	19	31	45	66	75	81	47	42	51	10	11	487	490
NNE ...	66	77	68	116	44	10	106	40	56	105	7	38	55	733	722
NE.....	4	4	4	3	6	3	2	5	2	3	6	12	13	54	63
ENE....	4	5	1	1	2	0	6	0	0	0	0	1	0	20	16
E.......	25	13	0	2	0	4	0	2	5	0	2	4	22	57	54
ESE....	0	1	0	1	2	3	0	0	0	1	1	0	2	9	11
SE	13	3	6	2	4	2	0	4	2	0	3	4	9	43	39
SSE	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	1	0	5	5
S.......	21	17	22	8	6	11	9	6	8	8	16	18	10	150	139
SSW ...	18	54	30	56	40	44	26	11	50	17	21	49	44	416	442
SW	10	9	13	8	3	7	1	4	10	8	5	12	6	90	86
WSW ..	0	2	7	9	2	12	4	2	3	3	0	6	1	50	51
W......	0	1	2	5	1	2	3	5	1	0	0	5	1	25	26
WNW ..	0	3	0	0	4	1	0	2	0	0	0	0	0	10	10
NW	1	0	1	2	0	2	1	4	0	3	4	4	2	22	23
NNW...	0	1	0	2	6	4	4	7	1	1	3	3	5	32	37

XX. Vents. — GENÈVE. 1906.

PÉRIODE	VENTS			RÉSULTANTE		Calme
	NNE.	SSW.	Rapport	Direction	Intens. s. 100	s. 100
				°		0
Décembre 1905.	78	49	1.59	N 68.8 E	29.5	263
Janvier 1906...	93	80	1.16	N 32.9 E	12.7	221
Février........	91	65	1.40	N 24.4 W	12.7	273
Mars..........	150	72	2.08	N 5.8 E	39.8	178
Avril	95	49	1.94	N 9.1 E	30.0	255
Mai...........	79	62	1.27	N 53.1 W	16.3	220
Juin	183	36	5.08	N 11.2 E	81.1	128
Juillet	126	21	6.00	N 1.3 E	58.6	215
Août..........	105	68	1.54	N 0.6 E	18.9	221
Septembre.....	150	33	4.55	N 12.8 E	66.7	289
Octobre	64	42	1.52	N 7.8 W	14.0	403
Novembre	60	79	0.76	S 30.1 W	12.1	244
Décembre	79	60	1.32	N 66.8 E	19.9	231
Année météor..	1274	656	1.94	N 9.8 E	28.0	247
Année civile...	1275	667	1.91	N 8.2 E	27.6	244

XXI. GENÈVE, 1906.

Période	Nombre de jours de forte bise	Nombre de jours de fort vent du midi	Vitesse moyenne du vent km. par heure
Décembre 1905..	9	2	7.14
Janvier 1906	7	8	9.08
Février.........	5	4	7.32
Mars...........	8	7	10.34
Avril	11	4	5.94
Mai............	3	6	5.34
Juin............	16	3	9.00
Juillet..........	3	0	5.71
Août...........	3	3	5.30
Septembre......	9	2	7.80
Octobre	0	0	3.26
Novembre......	7	3	5.38
Décembre.......	7	3	6.41
Hiver	21	14	
Printemps......	22	17	
Eté	22	6	
Automne.......	16	5	
Année météorol.	81	42	
Année civile	79	43	

tenant compte du facteur (1 à 6) qui représente la force du vent.

Le *tableau XX*, établi comme il l'a été depuis de nombreuses années, donne d'abord les nombres de cas de vent du nord-nord-est et du sud-sud-ouest et leurs rapports; puis les résultats que l'on peut tirer du tableau précédent au point de vue, assez problématique, de la résultante finale des vents à Genève; comme je l'ai dit dans l'introduction, c'est probablement la dernière fois que sera fait le calcul de la résultante des vents; enfin la proportion des calmes.

Le *tableau XXI* contient en premier lieu le relevé des jours de forte bise (NNE) et de fort vent du midi

(SSW). Le nombre de jours de forte bise est de nouveau cette année, très supérieur à la moyenne qui est de 42 ; le nombre de jours de fort vent est presque normal (moyenne : 44).

Le même tableau donne ensuite les résultats du deuxième système d'observation du vent, au moyen de l'anémographe de Richard. Il indique, pour les différents mois de l'année, la *vitesse moyenne du vent* exprimée en *kilomètres par heure*, sans distinguer dans quelle direction soufflait le vent. On y constate que le mois le plus calme a été celui d'octobre, et que le mois le plus venteux a été celui de mars ; puis viennent comme très venteux aussi ceux de janvier et de juin.

Si l'on recherche encore, dans le même ordre d'idées, les jours pour lesquels la vitesse du vent a dépassé, en moyenne, *25 kilomètres à l'heure*, on en trouve neuf dans l'année, tous jours de *bise*. Il y en a un en décembre 1905 puis deux en janvier, février, mars et septembre 1906. — En voici le tableau :

1906	Km. p. h.	Direction
10 décembre 1905	38.8	NNE
22 janvier 1906	36.5	»
23 »	49.6	»
5 février	31.3	»
7 »	26.2	»
22 mars	25.1	»
30 »	27.1	»
11 septembre	31.5	»
24 »	48.4	»

Ne figure pas dans ce tableau la tempête du 6 janvier, parce que la bourrasque n'a pas duré et n'a pas amené une grande vitesse générale du vent pour cette journée. Voir à ce propos la note, avec planche, insérée à la suite du bulletin mensuel de janvier.

XXII. Vents. — SAINT-BERNARD 1906.

Période	VENTS NE.	SW.	Rapport.	RÉSULTANTE Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 1000.
Déc. 1905..	76	57	1.33	N 45° E	20.4	0
Janv. 1906.	108	47	2.30	N 45 E	65.6	0
Février....	107	44	2.43	N 45 E	75.0	0
Mars	115	52	2.21	N 45 E	67.8	0
Avril	48	105	0.46	S 45 W	63.3	0
Mai	67	66	1.02	N 45 E	1.1	0
Juin	108	19	5.68	N 45 E	98.9	0
Juillet	116	46	2.52	N 45 E	75.3	0
Août......	107	26	4.11	N 45 E	87.1	0
Septembre.	102	31	3.30	N 45 E	78.9	0
Octobre...	56	86	0.65	S 45 W	32.3	11
Novembre.	50	85	0.59	S 45 W	38.9	0
Décembre.	129	19	6.79	N 45 E	118.3	0
Année mét.	1060	664	1.60	N 45 E	36.2	1
Année civ.	1113	626	1.78	N 45 E	44.5	1

Grand Saint-Bernard. — La direction du vent est observée à la girouette placée sur le nouveau bâtiment; les observations se font trois fois par jour, en estimant la vitesse du vent, autant que faire se peut, suivant la demi-échelle de Beaufort.

Vu la situation de l'hospice, on n'y observe que deux vents, ceux qui correspondent aux grands courants du NE et du SW. Le calme ne s'observe que très rarement. Le *tableau XXII* fournit les résultats moyens de ces observations en ce qui concerne les deux courants, leur rapport, la résultante des vents et des calmes, suivant un procédé analogue à celui du tableau XX pour Genève.

VI. Pluie et neige.

Le *tableau XXIII* fournit, pour *Genève*, les données relatives à l'eau tombée, et pour le *Grand Saint-Ber-*

XXIII. Pluie et neige. 1906.

PÉRIODE	GENÈVE. Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	SAINT-BERNARD. Nombre de jours.	Eau tombée.	Hauteur de la neige
		mm			mm	cm
Décembre 1905.	6	52.8	34	5	54.5	58
Janvier 1906...	13	49.5	39	11	99.3	91
Février........	13	68.2	55	13	158.9	178
Mars..........	10	43.5	30	14	107.2	107
Avril..........	13	45.8	31	10	131.3	87
Mai...........	12	48.2	47	10	143.4	124
Juin	4	41.3	6	7	19.5	8
Juillet	9	73.4	29	9	103.2	0
Août..........	5	13.8	6	2	17.8	6
Septembre.....	8	30.8	18	4	32.1	8
Octobre........	6	38.2	26	5	99.9	63
Novembre	17	78.0	44	12	233.9	161
Décembre	15	57.0	59	18	175.3	190
Hiver	32	170.5	128	29	312.7	327
Printemps.....	35	137.5	108	34	381.9	318
Eté...........	18	128.5	41	18	140.5	14
Automne	31	147.0	88	21	365.9	232
Année météorol.	116	583.5	365	102	1201.0	891
Année civile ...	125	587.7	390	115	1321.8	1023

nard, celles relatives a la fois à l'eau recueillie et à la neige. Le petit tableau suivant donne, en outre, les hauteurs de *neige* mesurées en 1906 à l'*observatoire de Genève* et qui sont supérieures à ce qu'elles étaient l'année précédente.

Neige à Genève en 1906.

cm.				
21	en janvier	1906,	en	4 jours
37	» février	»	»	5 »
6	» mars	»	»	2 »
.....	.....	.....	.....	.....
16	» décembre	»	»	5 »
64	dans l'année météorologique		en	11 jours
80	» » civile			16 »

Le *tableau XXIV* indique les écarts entre les moyennes

XXIV. Écarts avec les moyennes de précipitations. 1906.

PÉRIODE	GENÈVE. Jours de pluie.	GENÈVE. Eau tombée. mm	GRAND St-BERNARD. Jours de pluie.	GRAND St-BERNARD. Eau tombée. mm
Décembre 1905.	− 3	+ 1.8	− 3	− 18.6
Janvier 1906...	+ 3	+ 0.7	0	− 29.8
Février........	+ 5	+ 31.7	+ 4	+ 65.3
Mars..........	0	− 3.7	+ 3	+ 10.3
Avril..........	+ 3	− 11.0	− 1	+ 11.3
Mai...........	0	− 31.0	− 1	+ 23.3
Juin	− 7	− 34.6	− 3	− 81.9
Juillet.........	0	+ 2.6	0	+ 28.1
Août..........	− 5	− 66.6	− 7	− 68.0
Septembre.....	− 2	− 63.5	− 5	− 83.9
Octobre	− 6	− 62.8	− 5	− 42.4
Novembre	+ 6	+ 4.0	+ 2	+ 135.3
Décembre......	+ 6	+ 6.0	+ 10	+ 102.2
Hiver.........	+ 5	+ 34.2	+ 1	+ 16.9
Printemps.....	+ 3	− 45.7	+ 1	+ 44.9
Été	− 12	− 98.6	− 10	− 121.8
Automne	− 2	− 122.3	− 8	+ 9.0
Année météorol.	− 6	− 232.4	− 16	− 51.0
Année civile...	+ 3	− 228.2	− 3	+ 69.8

de Plantamour et les totaux de 1906 pour le nombre de jours de pluie et pour la hauteur d'eau tombée, aux deux stations, dans les divers mois, les saisons et l'année.

A *Genève*, l'année 1905 avait été une année légèrement plus humide que la normale, et au *Grand Saint-Bernard* elle avait été très humide. L'année 1906 offre la même différence entre les deux stations, mais en beaucoup moins humide, en ce sens qu'elle a été très sèche à Genève et seulement un peu moins humide que la moyenne au Grand Saint-Bernard.

A *Genève*, l'hiver seul présente un excédent de chutes d'eau par rapport à la normale, les trois autres saisons

sont sèches, et spécialement l'été et l'automne. Le mois le plus humide, absolument, est novembre, qui est presque normal; le plus humide, relativement, est février, le mois le moins pluvieux en général. Le mois le plus sec, absolument et relativement, a été août, mais, au point de vue relatif, septembre et octobre présentent presque les mêmes écarts négatifs.

Le nombre des jours de pluie est un peu inférieur à la moyenne; il est seulement de 85, si l'on ne compte que les chutes d'eau dépassant un millimètre. Le déficit de jours de pluie est surtout sensible en été, à peine en automne. L'hiver et le printemps présentent de légers excédents. Le minimum des jours de pluie est en juin (4) et le maximum en novembre.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'année présente un déficit de — 51 millimètres et de — 16 jours de pluie. Mais tout le déficit de pluie vient de l'été, très sec comme dans la plaine; les autres saisons fournissent toutes de faibles excédents d'eau. Aux fortifications de Saint-Maurice, l'année a été moins sèche qu'à Genève, mais plus sèche qu'au Saint-Bernard.

L'*année civile* est un peu moins sèche à Genève que l'année météorologique; au Saint-Bernard elle est sensiblement plus humide et même plus humide que la moyenne à cause du mois de décembre 1906, qui a fourni d'importantes chutes de neige.

La *statistique de la pluie* a été, comme d'ordinaire, poussée plus loin pour les observations de *Genève*.

Le *tableau XXV* donne, pour chaque mois, la plus longue période de sécheresse, ou le nombre maximum de jours consécutifs sans pluie et la plus longue période pluvieuse, ou le nombre maximum de jours consécutifs

XXV. Périodes de sécheresse et de pluie. — Genève, 1906.

Période.	Périodes de sécheresse		Périodes pluvieuses.		Pluie dans 24 heures au-dessous de 1mm	Pluie dans 24 heures au-dessous de 0mm.25.	Pluie dans 24 heures Maximum. mm	Pluie dans 24 heures Chute dépassant 30 mm.
Décembre 1905..	18 jours	(10-27)	3 jours	(28-30)	1 jour	0 jours	25.2 le 9	—
Janvier 1906	7 »	(26-1 février)	8 »	(3-10)	2 »	2 »	10.5 le 6	—
Février.........	6 »	(13-18)	5 »	(23-27)	6 »	4 »	20.3 le 25	—
Mars...........	11 »	(24-3 avril)	2 »	(1 2, 8-9, 11-12, 19-20, 22-23)	2 »	2 »	11.1 le 12	—
Avril...........	8 »	(5-12)	3 »	(16-18, 21-23, 28-30)	5 »	0 »	11.5 le 29	—
Mai............	6 »	(25-30)	4 »	(18-21)	1 »	0 »	14.1 le 18	—
Juin	14 »	(4-17)	2 »	(28-29)	2 »	1 »	26.4 le 18	—
Juillet	9 »	(14-22)	3 »	(3-5)	0 »	0 »	21.0 le 26	—
Août...........	22 »	(19-9 septembre)	3 »	(16-18)	2 »	1 »	5.9 le 18	—
Septembre......	12 »	(21-2 octobre)	6 »	(15-20)	2 »	1 »	13.2 le 17	—
Octobre	10 »	(15-24)	3 »	(3-5)	2 »	1 »	15.0 le 14	—
Novembre......	5 »	(10-14, 21-25)	7 »	(1-7)	6 »	2 »	28.2 le 18	—
Décembre	10 »	(15-24)	6 »	(30 novembre-5)	4 »	1 »	9.8 le 13	—
Année météorol.	22 jours	(19 août-9 sept.)	8 jours	(3-10 janvier)	31 jours	14 jours	28.2 le 18	—
Année civile....		id.		id.	34 »	15 »	novembre	—

où la pluie a été recueillie. La plus longue période de sécheresse est naturellement en été et en automne; la plus longue période pluvieuse est en janvier, et elle n'est pas longue.

Le même tableau indique le nombre de jours où la hauteur de pluie mesurée a été inférieure à 1 mm et à 1/4 de millimètre. Ces nombres sont à peine inférieurs à ceux de l'année précédente. — Enfin, ce tableau donne le maximum de pluie recueilli chaque mois; quant au nombre de jours où la hauteur d'eau tombée a atteint ou dépassé 30 millimètres, il est nul cette année.

Comme complément à ces indications, il sera intéressant de noter ici, comme précédemment, le relevé des plus violentes averses enregistrées durant un court espace de temps au pluviomètre d'Usteri-Reinacher; elles sont du reste peu nombreuses.

Date, 1906	mm.	min.	mm. par min.
29 juin	7	9	0.8
5 juillet	5.5	11	0.5
29 »	10	10	1.0
26 »	5	10	0.5

Le *tableau XXVI* a pour but de permettre la comparaison des différents mois entre eux et des quatre saisons entre elles au point de vue des précipitations atmosphériques. Il est, à cet effet, calculé de façon à éliminer les inégales durées des mois et des saisons. On y trouve : 1° la *durée relative de la pluie*, ou la fraction obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par le nombre total d'heures de la période; 2° le *nombre moyen d'heures de pluie* par jour de pluie, obtenu en divisant, pour chaque période, le nombre d'heures de pluie par le nombre de jours de pluie; 3° *l'eau tombée dans une*

XXVI. GENÈVE, 1906.

Période.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombéee dans 1 heur.
		h	mm
Décembre 1905	0.046	5.67	1.55
Janvier 1906	0.052	3.00	1.27
Février	0.082	4.23	1.24
Mars	0.040	3.00	1 45
Avril	0.042	2.38	1.48
Mai	0.063	3.92	1.02
Juin	0.008	1.50	6.88
Juillet	0.039	3.22	2.53
Août	0.008	1.20	2.30
Septembre	0.025	2.25	1.71
Octobre	0.035	4.33	1.47
Novembre	0,061	2.58	1.77
Décembre	0.079	3.93	0.97
Hiver	0.059	4.00	1.33
Printemps	0.049	3.09	1.27
Eté	0.019	2.28	3.13
Automne	0.040	2.84	1.67
Année météorol	0.042	3.15	1.60
Année civile	0.045	3.12	1.51

heure, obtenue en divisant la hauteur d'eau tombée durant la période par le nombre d'heures de pluie de la période. ce dernier chiffre représente donc l'intensité moyenne de la précipitation.

La *tableau XXVII* contient le relevé général des observations faites dans les douze stations pluviométriques du canton de Genève et à l'observatoire. Partout l'année a été sèche, comme à Genève même, mais surtout en été et en automne. Je suis heureux de profiter de cette circonstance pour adresser mes sincères remerciements aux onze observateurs qui continuent à nous fournir régulièrement les hauteurs de pluie tombées sur notre petit territoire.

XXVII. Stations pluviométriques du canton de Genève. 1906.

Station : Altitude : Observat. : M.	*Céligny* 424 m. Ch. Posson	*Collex* 440 m. G. André	*Chambésy* 433 m. L. Perrot	*Châtelaine* 425 m. Ch. Platel	*Satigny* 465 m. Fr. Coppel	*Athenaz* 428 m. J.-J. Decor	Compesières 478 m. G. Babel	*Veyrier* 423 m. B. Babel	*Genève* 406 m. Observatoire	*Cologny* 452 m. R. Gautier	*Puplinge* 445 m. A. Dunant	*Jussy* 470 m. J. Micheli	*Hermance* 380 m. Ch. Nyauld
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1905..	58.4	54.3	51.3	48.8	48.0	54.5	48.5	47.4	52.8	48.5	43.8	51.6	50.3
Janv. 1906.	63.0	66.2	46.0	56.8	62.5	40.5	45.5	45.3	49.5	46.8	41.6	40.6	46.3
Février....	119.3	94.4	88.3	80.8	88.5	71.5	68.0	65.8	68.2	66.9	50.8	58.9	81.6
Mars......	76.7	58.2	50.0	47.6	49.0	45.0	26.0	35.5	43.5	41.5	34.0	36.1	47.9
Avril......	49.0	50.8	47.5	41.8	38.0	35.0	48.0	47.6	45.8	45.7	54.6	51.8	51.7
Mai.......	67.3	62.9	49.3	45.9	54.5	36.0	46.6	64.3	48.2	52.6	63.3	56.9	54.9
Juin......	24.4	52.1	36.3	33.7	26.5	37.5	33.0	26.2	41.3	31.9	21.3	29.8	35.2
Juillet.....	97.0	81.0	63.3	54.2	77.5	73.0	79.3	67.5	73.4	64.3	88.5	99.0	78.8
Août......	13.4	12.6	11.5	12.5	15.5	9.5	14.5	14.0	13.8	9.8	8.9	12.6	11.1
Septembre.	58.4	41.6	32.3	30.7	42.5	33.5	30.6	32.3	30.8	33.4	31.8	33.8	38.2
Octobre...	32.0	33.3	33.8	30.2	35.0	34.0	42.0	39.9	38.2	40.7	37.2	36.8	36.0
Novembre..	86.5	84.3	79.0	73.9	93.5	85.0	75.0	80.0	78.0	70.8	73.4	73.4	77.4
Décembre,.	112.0	84.7	73.3	62.1	86.0	69.0	55.2	59.5	57.0	58.5	48.2	58.0	64.3
Hiver.....	240.7	214.9	185.6	186.4	199.0	166.5	162.0	158.5	170.5	162.2	136.2	151.1	178.2
Printemps.	193.0	171.9	146.8	135.3	141.5	116.0	120.6	147.4	137.5	139.8	151.9	144.8	154.5
Été.......	134.8	145.7	111.1	100.4	119.5	120.0	126.8	107.7	128.5	106.0	118.7	141.4	125.1
Automne..	176.9	159.2	145.1	134.8	171.0	152.5	147.6	152.2	147.0	144.9	142.4	141.0	151.6
An. météor.	745.4	691.7	588.6	556.9	631.0	555.0	557.0	565.8	583.5	552.9	549.2	581.3	609.4
An. civile..	799.0	722.1	610.6	570.2	669.0	569.5	563.7	577.9	587.7	562.9	553.6	587.7	623.4

XXVIII. STATIONS PLUVIOMÉTRIQUES DU VAL D'ENTREMONT, 1906

Station	Martigny		Orsières		Bourg-St-Pierre		Gr. St-Bernard	
Altitude	474m		900m		1630m		2476m	
PÉRIODE	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm	cm	mm	cm	mm	cm	mm	cm
Décembre 1905.	33.1	—	30.0	7	37.4	38	54.5	58
Janvier 1906...	67.0	22	37.9	22	37.4	29	99.3	91
Février........	53.3	42	46.9	51	73.6	81	158.9	178
Mars..........	44.4	14	33.2	10	37.1	42	107.2	107
Avril	20.7	—	20.3	—	33.7	24	131.3	87
Mai...........	43.1	—	55.3	15	109.4	66	143.4	124
Juin.	41.2	—	41.0	—	27.9	—	19.5	8
Juillet	51.1	—	42.5	—	53.5	—	103.2	—
Août..........	23.3	—	40.5	—	11.6	—	17.8	6
Septembre.....	21.0	—	23.4	—	12.5	2	32.1	8
Octobre.......	48.8	—	60.3	—	95.9	37	99.9	63
Novembre	34.9	—	41.5	—	78.7	24	233.9	161
Décembre	117.3	102	86.5	68	86.8	100	175.3	190
Hiver..........	153.4	64	114.8	80	148.4	148	312.7	327
Printemps	108.2	14	108.8	25	180.2	132	381.9	318
Eté	115.6	—	124.0	—	93.0	—	140.5	14
Automne	104.7	—	125.2	—	187.1	63	365.9	232
Année mét.....	481.9	78	472.8	105	608.7	343	1201.0	891
Année civile ...	566.1	180	529.3	166	658.1	405	1321.8	1023

Le *tableau XXVIII* fournit, d'une façon analogue, les hauteurs de pluie et de neige tombées dans les quatre stations pluviométriques qui existent le long du val d'Entremont. Dans les trois localités de la vallée, l'année a été très sèche, avec des différences très fortes par rapport à l'année précédente. J'exprime aussi ma reconnaissance aux observateurs de ces stations, qui veulent bien nous communiquer régulièrement le relevé de leurs mesures.

Le *tableau XXIX* indique le nombre de *jours d'orage* ou *jours de tonnerre* à Genève, ainsi que le nombre de jours où des *éclairs* ont été vus à l'horizon sans que le bruit du tonnerre fût perceptible. Le nombre des orages

XXIX. Orages. — GENÈVE, 1906.

PÉRIODE	Jours de tonnerre.	Jours d'éclairs sans tonnerre.	Grêle
Décembre 1905	—	—	—
Janvier 1906	1	—	—
Février	—	—	—
Mars	—	—	—
Avril	—	—	—
Mai	6	2	—
Juin	2	2	—
Juillet	7	3	—
Août	1	1	—
Septembre	—	—	—
Octobre	1	—	—
Novembre	—	—	—
Décembre	—	—	—
Année météorol	18	8	—
Année civile	18	8	—

proprement dits est sensiblement inférieur au nombre moyen déduit par Plantamour des années de 1847 à 1875 (25). Il n'y a pas eu de grêle constatée en 1906 à Genève.

VII. Nébulosité.

La nébulosité s'exprime par les nombres de *zéro* à *dix : zéro* correspond à un ciel entièrement clair, *dix* à un ciel entièrement couvert. La mesure de la nébulosité se fait, à *Genève*, aux six observations diurnes, au *Grand Saint-Bernard*, trois fois par jour. La moyenne de ces six, ou trois observations, donne la moyenne diurne de la nébulosité, représentée par un chiffre sans fraction. Pour les mois, les saisons et l'année, la nébulosité est exprimée par la moyenne des nébulosités de tous les jours de la période. Le chiffre principal est alors accompagné de dixièmes.

Dans le *tableau XXX*, la *nébulosité* ou l'état du ciel est exprimée de deux façons pour les deux stations :

XXX. Nébulosité. 1906.

PÉRIODE.	GENÈVE					SAINT-BERNARD				
	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébulo-sité moyenne	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours cou-verts	Nébulo-sité moyenne
Déc. 1905.	0	1	4	26	9.2	23	2	4	2	2.0
Janv. 1906.	0	8	6	17	7.5	14	3	7	7	4.4
Février....	1	6	4	17	7.6	7	2	6	13	6.2
Mars......	9	5	6	11	5.5	10	7	1	13	5.2
Avril......	4	6	6	14	6.5	2	10	2	16	7.0
Mai.......	4	12	2	13	6.1	4	12	3	12	6.2
Juin......	10	13	5	2	3.6	7	8	5	10	5.4
Juillet...	12	8	4	7	4.6	5	6	6	14	6.5
Août	16	7	4	4	3.0	15	5	4	7	3.5
Septembre.	15	7	3	5	3.4	18	3	2	7	3.1
Octobre ...	6	9	6	10	5.8	9	11	2	9	4.7
Novembre.	2	4	3	21	7.8	12	5	2	11	4.9
Décembre..	2	6	2	21	8.1	11	6	4	10	4.8
Hiver....	1	15	14	60	8.1	44	7	17	22	4.2
Printemps.	17	23	14	38	6.0	16	29	6	41	6.1
Eté.......	38	28	13	13	3.7	27	19	15	31	5.1
Automne..	23	20	12	36	5.7	39	19	6	27	4.3
Année mét.	79	86	53	147	5.9	126	74	44	121	4.9
» civile	81	91	51	142	5.8	114	78	44	129	5.1

à la cinquième colonne, par la nébulosité moyenne, puis, dans les quatre premières, par une classification des jours de la période en *clairs*, *peu nuageux*, *très nuageux* et *couverts*. Ces désignations comprennent les jours dont la nébulosité s'exprime par un certain nombre des onze chiffres qui représentent la nébulosité : les chiffres 0, 1 et 2 correspondent aux jours clairs ; 3, 4 et 5, aux jours peu nuageux ; 6 et 7, aux jours très nuageux ; 8, 9 et 10, aux jours couverts.

Le *tableau XXXI* fournit les écarts de la nébulosité aux deux stations par rapport aux moyennes calculées par Plantamour sur les observations des années de 1847

XXXI. Écarts de la nébulosité. 1906.

PÉRIODE	GENÈVE Moyennes 1847-1875	GENÈVE Ecarts pour 1906	SAINT-BERNARD Moyennes 1846-1867	SAINT-BERNARD Ecarts pour 1906
Décembre 1905.....	8.3	+ 0.9	4.5	− 2.5
Janvier 1906.......	7.9	− 0.4	5.0	− 0.6
Février	6.7	+ 0.9	5.3	+ 0.9
Mars..............	6.1	− 0.6	5.9	− 0.7
Avril	5.8	+ 0.7	6.7	+ 0.3
Mai...............	5.8	+ 0.3	6.9	− 0.7
Juin	5.4	− 1.8	6.5	− 1.1
Juillet.............	4.4	+ 0.2	5.5	+ 1.0
Août	4.7	− 1.7	5.8	− 2.3
Septembre.........	4.9	− 1.5	5.8	− 2.7
Octobre............	6.9	− 1.1	6.1	− 1.4
Novembre	7.8	0.0	5.4	− 0.5
Décembre..........	8.3	− 0.2	4.5	+ 0.3
Hiver	7.6	+ 0.5	4.9	− 0.7
Printemps.........	5.9	+ 0.1	6.5	− 0.4
Eté	4.8	− 1.1	5.9	− 0.8
Automne..........	6.6	− 0.9	5.8	− 1.5
Année météorol....	6.2	− 0.3	5.8	− 0.9
Année civile.......	6.2	− 0.4	5.8	− 0.7

XXXII. Brouillard. Genève. 1906.

PÉRIODE	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1905.....	3	6	9
Janvier 1906.......	2	2	4
Février	—	3	3
Mars..............	—	—	—
Avril..............	—	—	—
Mai...............	—	—	—
Juin	—	—	—
Juillet.............	—	—	—
Août..............	—	—	—
Septembre.........	—	—	—
Octobre	—	2	2
Novembre	1	3	4
Décembre..........	1	1	2
Année météorol....	6	16	22
Année civile.......	4	11	15

à 1875 pour Genève, et de 1846 à 1867 pour le Grand Saint-Bernard. Ces moyennes figurent également dans le tableau, multipliées par 10 pour les ramener à la nouvelle échelle adoptée depuis l'année 1901.

A *Genève*, la nébulosité a été inférieure à la moyenne, grâce surtout à la clarté des mois d'été et d'automne. Le mois le plus clair, au point de vue absolu, a été le mois d'août, au point de vue relatif c'est juin. Les mois les plus couverts ont été les deux mois de décembre; mais dans l'année civile, c'est février qui est le plus couvert au point de vue relatif.

Au *Grand Saint-Bernard*, l'année a été très claire et il n'y a que trois écarts *en plus* pour l'année météorologique. Le mois le plus clair a été le mois de décembre 1905 pour l'année météorologique et le mois de septembre pour l'année civile. Ces deux mois présentent aussi les plus forts écarts négatifs de nébulosité. Le mois le plus couvert a été celui d'avril au point de vue absolu et celui de juillet au point de vue relatif.

Le *tableau XXXII* donne, pour *Genève*, le nombre de jours de brouillard observés. Il y en a seulement les deux tiers de la moyenne de Plantamour (33) pour l'année météorologique et moins de la moitié pour l'année civile.

VIII. Durée d'insolation.

Le *tableau XXXIII* permet de suivre, heure par heure, la *marche diurne de la durée d'insolation* pour les treize mois, les saisons et l'année météorologique et civile 1906, la dixième durant laquelle a fonctionné l'héliographe. Il donne, dans ses deux dernières

XXXIII. Marche diurne de la durée d'insolation. Genève. 1906.

Période	Matin 5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	Soir 12-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	Durée d'insolation	Moyenne diurne
	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h	h
Déc. 1905..	—	—	—	—	—	—	2.5	4.6	5.5	5.2	1.9	—	—	—	19.7	0.64
Janv. 1906.	—	—	—	0.3	5.1	9.0	9.9	8.7	10.3	8.4	6.7	0.9	—	—	59.3	1.91
Février....	—	—	0.5	4.3	7.8	9.9	10.5	12.8	13.3	10.4	10.6	5.0	—	—	85.1	3.04
Mars	—	—	5.8	10.1	13.0	14.7	18.2	15.9	17.0	18.1	17.9	16.1	4.0	—	150.8	4.86
Avril......	—	1.6	9.3	14.8	14.8	15.0	18.3	19.0	17.3	17.5	16.2	12.5	5.0	0.4	161.7	5.39
Mai.......	2.4	12.9	15.8	17.3	17.4	18.0	19.4	20.6	20.3	17.3	16.0	14.7	12.4	7.3	211.8	6.83
Juin	5.8	18.5	21.7	22.3	23.2	25.7	24.6	22.5	23.7	23.4	22.4	22.0	18.1	7.3	281.2	9.37
Juillet.....	3.8	14.4	19.5	21.9	24.6	22.3	20.4	22.0	22.3	21.2	21.0	20.5	18.9	8.8	261.6	8.44
Août......	3.1	21.5	23.3	24.1	25.9	27.1	26.2	26.7	23.3	23.2	23.6	22.4	22.1	8.7	301.2	9.72
Septembre.	—	2.4	14.4	17.9	20.6	22.0	20.6	21.4	22.6	25.4	23.6	21.5	9.4	0.2	222.0	7.40
Octobre ...	—	—	1.9	10.2	17.4	18.2	20.1	18.7	18.8	19.6	16.5	10.0	0.5	—	151.9	4.90
Novembre .	—	—	0.2	1.5	6.0	7.0	6.7	10.0	9.7	10.4	7.9	0.3	—	—	59.7	1.99
Décembre..	—	—	—	1.2	1.4	6.1	6.9	6.4	6.2	5.0	1.7	—	—	—	37.9	1.22
Hiver	—	—	0.5	4.6	12.9	18.9	22.9	26.1	29.1	24.0	19.2	5.9	—	—	164.1	1.82
Printemps.	2.4	14.5	30.9	42.2	45.2	47.7	55.9	55.5	54.6	52.9	50.1	43.3	21.4	7.7	524.3	5.70
Eté	12.7	54.4	64.5	68.3	73.7	75.1	71.2	71.2	69.3	67.8	67.0	64.9	59.1	24.8	844.0	9.17
Automne..	—	2.4	16.5	29.6	44.0	47.2	47.4	50.1	51.1	55.4	48.0	31.8	9.9	0.2	433.6	4.76
Année mét.	15.1	71.3	112.1	144.7	175.8	188.9	197.4	202.9	204.1	200.1	184.3	145.9	90.4	32.7	1966.0	5.39
Année civ..	15.1	71.3	112.1	145.9	180.2	195.0	201.8	204.7	204.8	199.9	184.1	145.9	90.4	32.7	1984.2	5.44

colonnes, la durée totale d'insolation en heures et les moyennes diurnes d'insolation pour les différentes périodes de l'année.

Le minimum absolu et relatif tombe, comme c'est le cas en général, sur les deux mois de décembre 1905 et 1906. Le maximum absolu et relatif tombe sur le mois d'août qui, comme nous l'avons déjà vu, a été remarquablement chaud et clair.

Le total général de l'insolation pour l'année est très supérieur à la moyenne des neuf années précédentes : 270 heures pour l'année météorologique et 288 heures pour l'année civile. Il n'y a que l'année météorologique 1899, avec 1985 heures de soleil, qui dépasse l'année 1906 à ce point de vue. — Parmi les saisons, seul l'hiver a une durée d'insolation normale, les autres saisons présentent toutes un fort excédent d'heures de soleil.

Le *tableau XXXIV* permet d'apprécier la différence de la durée d'insolation entre le matin et l'après-midi. Comme l'appareil est réglé sur le temps solaire vrai, les périodes d'insolation *théoriques* sont égales ; les périodes *réelles* sont sensiblement différentes. Elles sont représentées dans le tableau, ainsi que la différence *soir — matin*, de deux façons différentes : en *heures* et en *pour cent* du total d'heures d'insolation.

La prédominance de l'insolation dans l'après-midi continue à se manifester d'une façon constante pour l'année et pour les saisons, sauf pour l'été, où elle est bien faible. La relation n'est renversée, et seulement d'une façon peu accusée, que pour deux des mois d'été, juin et août.

Le *tableau XXXV* a été constitué comme les années

XXXIV. Durée d'insolation avant et après midi.
GENÈVE, 1906.

Période	Matin nombre d'heures	Matin %	Soir nombre d'heures	Soir %	Différence Soir—Matin nombre d'heures	Différence Soir—Matin %
Décembre 1905.	2.5	12.7	17.2	87.3	+14.7	+74.6
Janvier 1906...	24.3	41.0	35.0	59.0	+10.7	+18.0
Février........	33.0	38.8	52.1	61.2	+19.1	+22.4
Mars..........	61.8	41.0	89.0	59.0	+27.2	+18.0
Avril	73.8	45.6	87.9	54.4	+14.1	+ 8.8
Mai...........	103.2	48.7	108.6	51.3	+ 5.4	+ 2.5
Juin	141.8	50.4	139.4	49.6	− 2.4	− 0.8
Juillet.........	126.9	48.5	134.7	51.5	+ 7.8	+ 3.0
Août	151.2	50.2	150.0	49.8	− 1.2	− 0.4
Septembre.....	97.9	44.1	124.1	55.9	+26.2	+11.8
Octobre	67.8	44.6	84.1	55.4	+16.3	+10.8
Novembre	21.4	35.8	38.3	64.2	+16.9	+28.4
Décembre	18.6	49.1	19.3	50.9	+ 0.7	+ 1.8
Hiver	59.8	36.4	104.3	63.6	+44.5	+27.1
Printemps	238.8	45.5	285.5	54.5	+46.7	+ 8.9
Eté	419.9	49.8	424.1	50.2	+ 4.2	+ 0.5
Automne	187.1	43.2	246.5	56.8	+59.4	+13.7
Année mét.....	905.6	46.1	1060.4	53.9	+154.8	+ 7.9
Année civile...	921.7	46.5	1062.5	53.5	+140.8	+ 7.1

precédentes, pour faire ressortir, entre la nébulosité et la durée d'insolation, la relation établie par Billwiller[1], qui avait trouvé que la valeur de la nébulosité moyenne d'une période est à peu de choses près égale au rapport entre les heures de non-insolation ($t—i$) et le total d'heures d'insolation théoriquement possible (t).

Les colonnes du tableau XXXV s'expliquent ainsi facilement. Dans la deuxième, le rapport $\frac{t-i}{t}$ a été multiplié par dix afin d'être rendu comparable à la nébulosité moyenne de chaque période dont les valeurs

[1] *Archives*, 1889, t. XXI, p. 404.

XXXV. Comparaison de la durée de non-insolation à la nébulosité moyenne. GENÈVE, 1906.

Période	Durée théorique d'insolation t h	Rapport $\frac{t-i}{t} \times 10$	Nébulosité moyenne	Différence
Décembre 1905.	270	9.3	9.2	+ 0.1
Janvier 1906 ...	282	7.9	7.5	+ 0.4
Février........	291	7.1	7.6	– 0.5
Mars.........	371	5.9	5.5	+ 0.4
Avril..........	408	6.0	6.5	– 0.5
Mai...........	465	5.4	6.1	– 0.7
Juin	471	4.0	3.6	+ 0.4
Juillet	475	4.5	4.6	– 0.1
Août..........	437	3.1	3.0	+ 0.1
Septembre.....	375	4.1	3.4	+ 0.7
Octobre........	338	5.5	5.8	– 0.3
Novembre	284	7.9	7.8	+ 0.1
Décembre......	270	8.6	8.1	+ 0.5
Hiver	843	8.1	8.1	0.0
Printemps	1244	5.8	6.0	– 0.2
Eté	1383	3.9	3.7	+ 0.2
Automne	997	5.7	5.7	0.0
Année mét....	4467	5.6	5.9	– 0.3
Année civile ...	4467	5.6	5.8	– 0.2

ont été empruntées au tableau XXX. Il ressort, cette année encore, de la dernière colonne du tableau, que la relation n'est pas tout à fait exacte pour l'année, mais plus pour la plupart des saisons. Quant aux différents mois, beaucoup donnent une concordance satisfaisante ; d'autres, comme mai et septembre, présentent un désaccord assez marqué.

L'enregistreur d'insolation du château du Crest, à Jussy, dont M. Jules Micheli veut bien nous communiquer régulièrement les résultats d'observation, a fourni, en 1906, les durées d'insolation suivantes :

Durée d'insolation à Jussy, 1906.

	h.		h.
Décembre 1905	23.3	Juin 1906	269.7
Janvier 1906	62.4	Juillet	264.5
Février	85.3	Août	269.7
Mars	138.2	Septembre	224.9
Avril	161.1	Octobre	161.7
Mai	206.9	Novembre	63.8
		Décembre	53.3
Hiver	171.0	Eté	803.9
Printemps	506.2	Automne	450.4
Année mét.	1931.5	Année civ.	1961.5

Cette année, le total de Jussy est un peu inférieur à celui de l'observatoire. Cela tient surtout aux mois de mars, de juin et d'août, mois clairs, où le voisinage de la montagne des Voirons a diminué, pour le château du Crest, la durée d'insolation par rapport à la ville, plus éloignée des centres de condensation. En hiver, en revanche, et spécialement en décembre 1906, il y a eu plus d'insolation à Jussy qu'à l'observatoire, fait que nous pouvons remarquer à peu près chaque année.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 4 juillet 1907.

C.-E. Guye et H. Wœlfle. Propriétés élastiques de l'invar. — C.-E. Guye et A. Bron. Ionisation dans l'arc électrique. — L. de la Rive. Les Isogones magnétiques.

M. le prof. C.-E. Guye expose les résultats d'un travail fait en collaboration avec M. H. Wœlfle, sur les *propriétés élastiques de l'invar* en fonction de la température.

M. le prof. C.-E. Guye rend compte des recherches qu'il a entreprises avec M. A. Bron sur l'*ionisation dans l'arc électrique.*

M. L. de la Rive fait une communication *sur les Isogones magnétiques.* Les courbes sphériques sont l'objet d'une étude publiée par lui en 1882 dans les *Mémoires de la Soc. de phys.* L'auteur rappelle les principales propriétés déduites de l'équation de ces courbes qui sont celles des isogones quand on admet que le magnétisme terrestre est produit par un aimant central élémentaire.

Séance du 3 octobre.

R. Chodat. La flore du Paraguay. Sur les ferments oxydants. — E. Bugnion. Appareil salivaire chez les hémiptères. — F.-A. Forel. Association internationale de sismologie. — Ed. Sarasin et Tommasina. Du dédoublement de la courbe de désactivation de la radioactivité induite.

M. R. Chodat présente, au nom de M. le Dr Hassler et au sien, la seconde partie de leur ouvrage intitulé « *Plantæ*

Hasslerianæ » paru dans le *Bulletin de l'Herbier Boissier* et réuni en un volume de 823 pages. Cette grande publication a pu se faire grâce à l'aimable hospitalité du Bulletin de l' « Herbier Boissier » dont l'éditeur, propriétaire de l'Herbier Boissier, M. W. Barbey, doit être particulièrement signalé à la reconnaissance des botanistes suisses pour la générosité avec laquelle il soutient une œuvre si éminemment utile.

Plantæ Hasslerianæ est le premier ouvrage qui donne une énumération à peu près complète de la flore phanérogamique et ptéridologique du Paraguay. Dans l'énumération de Morong et Britton qui traitait surtout des plantes récoltées sur le Pilcomayo, il y a à peine le quart des espèces actuellement connues.

Les volumes I et II des Pl. Hasslerianæ donnent une image aussi complète que possible de la flore du Paraguay proprement dite, Rive gauche du Rio Paraguay, au Sud du Rio Apa jusqu'au Rio Tebicuary et du Rio Paraguay à l'Ouest jusqu'au Rio Parana à l'Est.

Toutes les parties de ce pays n'ont pas été également explorées : les mieux étudiées sont les régions du centre, du Nord-Est et du Nord. Néanmoins les auteurs pensent que les documents ultérieurs ne viendront pas modifier bien sensiblement le tableau qu'ils ont esquissé de cette flore.

3667 espèces de Phanérogames ont été étudiées : les Ptéridophytes sont au nombre de 123 ce qui fait un total de 3889 espèces, 963 variétés et 519 formes énumérées ou décrites.

Ces espèces appartiennent à 144 familles de phanérogames et à 12 familles des Ptéridophytes : Dicotylées 2595 espèces, Monocotylées 571 espèces soit 83 °/₀ et 17 °/₀.

Des Phanérogames, 367 espèces sont des arbres, 591 espèces des arbrisseaux, 2818 espèces des plantes herbacées persistantes ou annuelles, ce qui fait 30 °/₀ de plantes ligneuses, 11,2 °/₀ d'arbres et 18,7 °/₀ d'arbrisseaux. La proportion entre les espèces ligneuses et les herbacées est de 1 : 2,3. Il y a en outre 21 espèces de

Palmiers, soit 4 % des Monocotylédonées. Voici l'énumération des principales familles et leur importance numérique :

Légumineuses 393 espèces : Papilionacées 207, Mimosacées 113, Césalpiniacées 76, soit 12,4 %.

Composées 309	espèces.	soit	9,7 %.
Graminées 220	—	—	6,9 %.
Myrtacées 157	—	—	4,9 %.
Euphorbiacées 121	—	—	4,7 %.
Cyperacées 121	—	—	3,8 %.
Rubiacées 101	—	—	3,2 %.

Les autres familles importantes sont les Convolvulacées, Malvacées, Labiées, Verbenacées, Solanacées, Orchidacées avec 80-70 espèces. Les Bignoniacées, Malpighiacées, Asclépiadacées, Cactacées, Melastomacées, Amarantacées, Acanthacées, Polygalacées, Scrophulariacées, Piperacées, Apocynacées, Borraginacées, Sapindacées avec 58-32 espèces.

Neuf familles (Légumineuses, Composées, Graminacées, Myrtacées, Euphorbiacées, Cyperacées, Rubiacées, Convolvulacées et Malvacées), comprennent à elles seules la moitié des espèces de la flore du Paraguay.

Les arbres, 357 espèces, sont représentées par 78 espèces (22 %) de Légumineuses, 30 (8,4 %) de Myrtacées, 21 (5,9 %) de Malvacées, 16 (4,5 %) d'Euphorbiacées et de Rutacées, 12 (3,3 %) de Rubiacées et de Flacourtiacées.

Les arbrisseaux sont surtout des Myrtacées (127 = 21,5 %), des Légumineuses (85 = 14,4 %), des Bignoniacées et des Malpighiacées (42 = 7,1 %), des Rubiacées (31 = 5,2 %), des Sapindacées (24 = 4 %).

Quant aux herbes elles forment un contingent important dans les familles suivantes :

Composées (297 = 13,4 %), Graminées (218 = 9,9 %), Légumineuses (204 = 9,2 %), Cypéracées (127 = 5,7 %), Euphorbiacées (116 = 5,2 %), Convolvulacées (80 =

3,6 %, Malvacées et Labiées (77 = 3,5 %), Verbenacées et Orchidées (62 = 2,8 %), Rubiacées (58 = 2,6 %).

Les lianes appartiennent aux Bignoniacées (40) Malphigiacées (37), Légumineuses (28), Sapindacées (21), Apocynacées (11), Solanacées (10) Composées, Borraginacées, Aristolochiacées (4-5). — Les épiphytes peu nombreuses sont dans les familles des Orchidacées, Broméliacées, Pipéracées, Loranthacées, Cactacées, Aracées, Gentianacées.

Les Ptéridophytes se décomposent en Polypodiacées (96 = 77 %), Schizeacées (6 = 5 %), Hymenophyllacées, Gleicheniacées et Lycopodiacées (3 espèces = 2,5 %).

440 espèces nouvelles pour la science ont été décrites (Myrtacées exceptées), soit 14 % du total de 3166 phanérogames. Les nouvelles variétés créées sont au nombre de 511, soit 53 % du total de 957 variétés.

Les auteurs ont fait les deux tiers du travail ; un tiers est dû à la précieuse collaboration des spécialistes dont les noms suivent :

J.-G. Baker ; J. Barbosa-Rodriguez ; A. Benett ; A. Brand ; J. Briquet ; C. de Candolle ; H. Christ ; † C.-B. Clarke ; A. Cogniaux ; R.-E. Fries ; E. Hackel ; W.-P. Hirn ; G. Hieronymus ; G.-P.-B. Hochreutiner ; R. Keller ; E. Kœhne ; G. Lindau ; G.-O. Malme ; C. Mez ; F. Niedenzu ; L. Radelkofer ; W. Ruhland ; † K. Schumann ; T.-A. Sprague ; J. Urban ; A. Zahlbruckner.

M. Chodat communique le résultat de ses dernières recherches sur le ferment oxydant *la Tyrosinase*. Grâce à l'obligeance répétée de M. le Prof. E. Fischer, de Berlin, l'auteur a pu continuer ses recherches sur les peptides à tyrosine. Le Glycyltyrosine cristallisé à 1 ‰ additionné d'une solution d'une tyrosinase purifiée extraite du *Russula fœtens* (dépourvue de laccase) passe rapidement au rose, puis au rose madder ; elle vire enfin au violacé et prend finalement une couleur indigo ; si à un essai comparatif on ajoute une solution à 1 ‰ de Glycocolle, la coloration vire tout d'abord au vert émeraude. Avec une

tyrosinase extraite des pelures de pomme de terre (par précipitation fractionnée du suc ou par extraction du résidu de la presse par une solution à 7 % de chlorure de sodium et précipitation fractionnée par l'alcool on obtient les mêmes résultats).

Les autres acides aminés, sauf peut-être l'alanine, ont une action analogue : Asparagine, leucine (olive-émeraude); phénylalanine : indol pas d'action verdissante. De tous les acides aminés, le glycocolle fournit la réaction vert émeraude la plus caractéristique. La Cyanamide cristallisée (préparée par nous à partir de la Cyanamide calcique du commerce) fournit, si la tyrosinase est diastatiquement pure dans la réaction sur le Krésol décrite autre part, une teinte rose violacée très caractéristique qui permet de reconnaître ce corps (Rouge Magenta).

L'utilisation des extraits de champignons présente des inconvénients qui proviennent des acides aminés qui, en des proportions diverses, accompagnent la tyrosinase. Il vaut mieux expérimenter avec la tyrosinase de pomme de terre qui peut être facilement purifiée. En outre, la tyrosinase des Astérosporées contient souvent aussi de la laccase; on peut conserver cette dernière en chauffant l'extrait au-dessus de 60°. On reconnaît alors la disparition de la tyrosinase par l'absence de réaction colorée sur le p. crésol : il y a alors formation en présence de ce corps d'un précipité blanc, comme cela a lieu avec le système peroxydase-hydroperoxyde.

M. E. Bugnion. *Les glandes salivaires de quelques Géocores (Hémiptères).*

Les espèces qui ont fait l'objet de cette étude sont : *Pentatoma grisea*, *Graphosoma lineatum*, *Syromastes marginatus* et *Pyrrhocoris apterus*.

Les Géocores ont deux paires de glandes salivaires, les *gl. principales*, bi ou plurilobées renfermées dans le thorax, et les *gl. accessoires*, en forme de cordon, situées derrière la tête, dans la région du cou.

Les glandes principales sont d'une dissection facile. Elles

apparaissent, dès que l'on a enlevé les muscles thoraciques, sous forme de deux sachets blanchâtres, flottant à droite et à gauche de l'estomac, attachés à ce dernier par des rameaux trachéens. Il n'en est pas de même des cordons accessoires, dont la préparation est compliquée et délicate. J'ai réussi à obtenir l'appareil salivaire intact, avec les conduits excréteurs, chez *Syromastes* et *Pyrrhocoris*. — Les conduits des gl. principales (c. principaux) se portent obliquement vers la tête, pénètrent par le trou occipital, cheminent le long de la paroi ventrale entre les branches du support chitineux et débouchent l'un à côté de l'autre dans la pompe salivaire. Les conduits accessoires, très longs et sinueux, pénètrent d'abord dans la tête, se replient en dessous du cerveau en formant une anse très déliée (a. céphalique), descendent le long de l'œsophage et de l'estomac, forment d'ordinaire une deuxième anse (a. abdominale), remontent vers la glande thoracique et s'abouchent dans le conduit principal, à l'origine de ce dernier. La disposition des conduits excréteurs permet de considérer la glande accessoire comme une dépendance de la principale. Le liquide sécrété par le cordon accessoire peut, suivant les circonstances, pénétrer dans la cavité de la glande principale (faisant l'office de réservoir) ou se mêler au produit de celle-ci pour s'écouler au dehors.

Le petit appareil désigné sous le nom de *pompe salivaire* (Wanzenspritze) se trouve au côté ventral de la tête, en-dessous du bout antérieur du pharynx. Sa fonction est d'aspirer le liquide contenu dans les conduits excréteurs (ces conduits n'ayant pas de fibres musculaires) et de le refouler dans le canal d'excrétion situé dans le dard (distinct chez les Géocores du canal de succion).

Les glandes principales de *Pentatoma* sont deux corps blanchâtres, longs de $3\,^1/_2$ à 4^{mm}, divisés en deux lobes, un antérieur et un postérieur, terminés par une extrémité amincie et recourbée. Le canal excréteur naît de la face profonde de l'organe, dans la scissure transverse qui sépare les lobes. Sa longueur est de 7^{mm} (jusqu'à la pompe). La glande accessoire est un cordon simple (non ramifié)

terminé par une extrémité mousse, continué d'autre part par un conduit très long et sinueux. Caché dans une graisse verdâtre, le cordon glandulaire est pelotonné derrière la tête et prolongé quelque peu à l'intérieur du thorax. La branche ascendante de l'anse abdominale forme un élégant serpentin attaché par les trachées au côté de l'estomac. La longueur totale du cordon accessoire est, avec son canal excréteur, de 3 cm. ; elle serait de 4 ou 4 $^{1}/_{2}$ cm., si l'on étendait le serpentin.

Les glandes de *Graphosoma* diffèrent de celles de Pentatoma, en ce que le lobe postérieur est divisé en une quinzaine de digitations. Le lobe antérieur, en forme de bonnet, se distingue du reste de la glande par son réseau trachéen, beaucoup plus serré. L'anse abdominale est plus courte, le serpentin moins compliqué.

Chez *Syromastes*, la glande est divisée en neuf lobules, dont un postérieur plus volumineux, élargi en forme de patte. Le conduit accessoire diffère de celui de Pentoma en ce que l'anse abdominale ne forme pas de serpentin. La branche ascendante est entourée d'un manchon celluleux plus épais.

Chez *Pyrrhocoris*, la glande est divisée en quatre lobes, dont un plus petit et arrondi. Les canaux excréteurs diffèrent de ceux des espèces précédentes, en ce que le c. principal est plus sinueux et l'anse abdominale beaucoup plus courte.

Pour ce qui est de la structure histologique, la glande principale des Géocores représente une sorte de sachet. plutôt qu'un tissu compact. Sa paroi comprend, outre la cuticule externe, une seule assise de cellules de sécrétion. Ces cellules, grandes, à contours polygonaux, surbaissées, plus larges que hautes sur la coupe, renferment un ou deux noyaux ovalaires d'aspect granuleux. Cellules et noyaux se teignent dans l'hémalun-éosine en violet foncé. La cavité, relativement très grande, est remplie d'une matière transparente, visqueuse à l'état frais, prenant dans l'hémalum-éosine une couleur rose pâle. La glande accessoire, formée de cellules polygonales, renferme un canalicule

chitineux qui prolonge simplement celui de son canal excréteur.

Les conduits excréteurs comprennent : 1° un canalicule central très fin et délié, conservant d'un bout à l'autre un calibre égal (15 à 19 μ) ; 2° un manchon celluleux, dont l'épaisseur et la structure varient suivant le segment observé. Etudié à un fort grossissement, le canalicule offre une paroi épaisse ornée de stries transverses et, si l'on met le point à la surface, une multitude de pores très fins. Le manchon est exclusivement formé de cellules glandulaires, tantôt polygonales avec un ou deux noyaux arrondis, tantôt en forme d'utricules gorgées de liquide, s'ouvrant par de fins canalicules dans les pores du conduit central. La présence de ce manchon glandulaire montre que les conduits (principal et accessoire) ne servent pas seulement à l'excrétion, mais sont en même temps des organes de sécrétion, double fonction qui explique la longueur de leur trajet.

La salive des Hémiptères végétariens, de réaction alcaline, renferme probablement une diastase, qui a pour fonction de dissoudre la paroi de cellulose des cellules végétales, ainsi que les grains d'amidon qui y sont renfermés. Le canal de la pompe ne communiquant pas avec celui du pharynx, le liquide s'écoule au dehors par le canal d'excrétion (situé entre les stylets). Il se peut toutefois qu'une partie de la salive remonte avec la sève des plantes par le canal de succion et continue dans l'estomac l'action digestive commencé à l'extérieur. Les espèces qui sucent le sang (Cimex Reduvius, Hydrocores) ont des glandes salivaires moins développées.

Les corpuscules réfringents, de forme oblongue, que l'on observe parfois dans les glandes salivaires de *Pentatoma*, paraissent se rapporter à un microbe parasite.

M. F.-A. Forel, de Morges, raconte la session qui a été tenue à la Haye, du 21 au 26 septembre, de l'*Association internationale de Sismologie*, sous la présidence du professeur L. Palazzo, de Rome. Cette grande association, qui

organisé en un faisceau les études sismologiques de 21 états d'Europe, d'Asie et d'Amérique, représentant une population de 530 millions d'habitants, a été fondée, sous l'initiative du professeur G. Gerland, de Strasbourg, à la suite de conférences préparatoires tenues à Strasbourg en 1901 et 1903 et à Berlin en 1905. Une session de la commission permanente de l'Association a eu lieu à Rome en 1906 et l'œuvre scientifique est entrée définitivement en action. Le bureau central qui est l'organe exécutif de l'Association est à Strasbourg, sous la direction du professeur Gerland ; le secrétaire général de l'Association est le professeur R. de Kövesligethy, à Budapest. Le président qui doit entrer en fonction le 1er avril 1908 a été nommé en la personne du professeur Arthur Schuster, à Manchester. Le budget des dépenses ordinaires s'élève à 38 000 francs.

Sans parler de différentes résolutions d'ordre plutôt local, la session de la Haye a décidé entr'autres la publication d'un catalogue mondial des tremblements de terre macrosismiques, qui doit paraître dans le délai de deux ans après l'année d'observation, la publication de la bibliographie sismologique, l'organisation de l'étude des vibrations microsismiques de 6 à 11 secondes de période dont la nature est encore problématique, etc.

Un concours de sismographes pour les tremblements de terre rapprochés a été organisé à la Haye, et une exposition de cinq appareils a vivement interessé les spécialistes. Ces appareils seront mis à l'étude dans le bureau central de Strasbourg, une commission fera rapport sur leur valeur relative et décernera les prix.

La prochaine session de la commission permanente aura lieu en Suisse en 1909, et l'assemblée générale de l'Association en Angleterre en 1911.

M. Ed. Sarasin expose les recherches que M. Tommasina et lui ont faites *sur le dédoublement de la courbe de désactivation de la radioactivité induite.* (Voir ci-dessus, p. 437).

Séance du 7 novembre 1907.

Le Secrétaire. Fascicule 3 du volume 35 des Mémoires.— A. Brodsky. Les trichocystes du Frontania leucas.

M. le président annonce au nom du secrétaire des publications que le fascicule 3 du volume 35 des *Mémoires de la Soc. de physique et d'histoire naturelle* vient de paraître. Il renferme, avec le rapport du président de la Société pour 1906, les deux travaux suivants : *Monographie des groseilliers* par E. de Janczewski, Mémoire couronné du prix de Candolle (320 pages et 202 fig.). — *Sur quelques espèces de l'Albien inférieur du Vöhrum* par L. W. Collet. 10 pages. 10 fig. et 1 planche.

M. le professeur Emile Yung expose les résultats obtenus dans son laboratoire par M. A. Brodsky sur *les trichocystes du Frontonia leucas*, infusoire holotriche chez lequel ces organes, relativement gros, puisqu'ils mesurent en moyenne 9,5 microns, se prêtent à une étude détaillée. Fusiformes, on peut leur distinguer trois régions : une tête, un col et un corps. Ils sont logés dans l'ectoplasma, lui même constitué de deux couches, l'une homogène, l'autre alvéolaire à la limite desquelles se trouve le col du trichocyste, en sorte qu'il est probable que ce rétrécissement est produit par une plus forte tension de l'ectoplasma à ce niveau.

Après leur expulsion du corps, les trichocystes augmentent dix à douze fois de longueur. Tantôt ce phénomène est immédiat, tantôt il se fait attendre quelques minutes, cela dépend du degré de *maturité* auquel le trichocyste est arrivé et des circonstances dans lesquelles a lieu son expulsion. La forme qu'il affecte après sa détente varie également selon que celle-ci s'effectue librement ou bien qu'elle est gênée par des obstacles. M. Brodsky a constaté que, dans la règle, le trichocyste mis en contact de l'eau se transforme subitement en un corpuscule présentant l'aspect d'une sphère aplatie. Ce corpuscule est le siège d'une

agitation violente, comme si sa substance, se trouvant tout à coup à l'étroit, faisait des efforts pour vaincre la résistance de sa couche superficielle laquelle est occupée par une enveloppe différenciée. Quelques secondes plus tard, on voit à l'intérieur du corpuscule se dessiner nettement une ligne spirale très serrée qui, une fois formée, déroule ses tours avec une rapidité foudroyante et se présente alors comme un fin filament plus ou moins rigide portant parfois à son extrémité antérieure une petite masse qui n'est autre que le débris de l'envelobpe du trichocyste.

Quant à la cause de l'explosion du trichocyste en contact avec l'eau, M. Brodsky l'attribue à une action chimique exercée par ce liquide, sur la substance même de l'organe, laquelle est jusqu'à ce moment semi-liquide et homogène. Il conteste absolument les théories qui font jouer un rôle dans la production du phénomène à une pression exercée sur le trichocyste par l'endoplasme de l'infusoire. Les coupes qu'il a pratiquées sur des individus préalablement fixés et colorés lui ont appris, d'autre part, que les trichocystes prennent naissance dans les régions profondes de l'endoplasme au voisinage du noyau et qu'ils sont apportés à la périphérie par des courants endoplasmatiques.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

E. Rutherford, Radioactive Umwandlungen, übersetzt von M. Levin, *die Wissenschaft* Heft 21, Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1907.

Continuant la belle série de monographies qu'elle édite sous le titre *die Wissenschaft* et que nous avons à maintes reprises déjà signalée ici même, la maison Vieweg et fils de Brunswick vient de donner comme 21[me] volume de cette collection la traduction en allemand du précieux ouvrage de M. Rutherford, sur les transformations radioactives. Ce volume de 286 pages avec 53 figures dans le texte contient un exposé magistral de ce grand et beau sujet que M. Rutherfod possède mieux que tout autre, et auquel plus parfaitement qu'aucun autre il pouvait initier le public scientifique. Le champ était si étendu, les découvertes qui y ont été faites étaient si multiples et si surprenantes, elles se succédaient avec une telle rapidité, nos notions sur la nature même de la matière en subissaient des modifications si radicales qu'il fallait sur ces bases nouvelles rebâtir l'édifice de la science ébranlé dans ses fondements. C'est à ce travail de reconstruction que M. Rutherford s'est spécialement voué, s'efforçant de jeter la lumière dans ce dédale de faits nouveaux dont la paternité lui appartient pour une part importante. Aussi y a-t-il un charme réel à suivre l'auteur du livre que nous signalons ici dans l'exposé qu'il y a donné de cet immense ensemble de faits et de l'interprétation à leur donner.

Après un intéressant historique de la découverte de la radioactivité et des corps radioactifs l'auteur passe aux propriétés de ces corps et aux théories imaginées pour expliquer celles-ci. Il s'étend surtout sur ce qui a trait aux transformations par lesquelles passent ces corps, sur les

transformations radioactives du thorium, l'émanation du radium, la transformation du précipité actif du radium, l'origine et la durée de vie du radium, le produit de transformation de l'uranium et de l'actinium, la production de l'hélium par le radium, et la transmutation de la matière, la radioactivité de la terre et de l'atmosphère, enfin les notions générales sur la théorie électronique de la matière. Mais il faut lire ce beau traité écrit de main de maître.

Augusto Righi. — Le nuove vedute sull'intima struttura della materia. *Attualità Scientifiche* n° 10, Nicola Zanichelli, Bologna 1907.

Les naturalistes italiens réunis à Parme au mois d'octobre de cette année pour fonder une *Società italiana pel progresso della Scienze* invitèrent le professeur Righi de l'Université de Bologne à prononcer le discours d'ouverture de la Section des Sciences Physiques. Ce physicien, qui avait reçu cette même année, pour le 25me anniversaire de son enseignement universitaire, les hommages du monde scientifique, a exposé avec la vue large et profonde du vrai savant le sujet d'un intérêt primordial, qu'est celui de la structure intime de la matière.

Ce remarquable discours que vient de faire paraître, comme 10e vol. de ses « *Attualità scientifiche* » l'éditeur Zanichelli de Bologne sera lu avec profit, comme d'ailleurs tous les ouvrages de Righi, par les physiciens qui désirent être mis au courant avec l'exactitude sévère de la vraie science, sur les différentes questions, encore très discutées et controversées, qui s'enchevêtrent autour du fait de l'unité de la matière qui paraît aujourd'hui, expérimentalement et théoriquement établi. C'est un immense champ de recherches que les récentes et merveilleuses découvertes de la physique viennent de conquérir dans le territoire, qui paraissait inaccessible, de l'ancienne métaphysique. Les hypothèses scientifiques, dit l'auteur, lorsqu'elles découlent logiquement des faits, constituent un précieux outil de recherche, qui peut être mal manié par ceux qui

manquent de l'expérience nécessaire, mais est facteur du progrès pour ceux qui savent le manier avec prudence.

Th. T.

CHIMIE.

E. Grandmougin et H. Freimann. Action du chlorure de diazonium sur l'acide p-oxybenzoïque (*Berichte d. Deut. chem. Ges.*, t. 40, p. 3453; Zurich. Polytechnicum).

Reprenant les travaux de Limpricht et Fitze sur ce sujet, les auteurs ont obtenu des résultats qui confirment et complètent ceux qui ont été donnés par ces savants. Lorsqu'on fait réagir le chlorure de diazonium sur l'acide p. oxybenzoïque en solution dans le carbonate de soude, il se forme, comme produit principal, du *phénoldisazobenzène* et une petite quantité d'acide *benzène-azo-p-oxybenzoïque* F. 220°. Si d'autre part, on opère la copulation en présence d'alcali caustique, on obtient outre le *phénoldisazobenzène*, comme produit principal, un composé déjà décrit par Limpricht et Fitze, mais que les auteurs du présent mémoire ont reconnu être non pas un composé monoazoïque comme cela avait été supposé, mais le *phénoltrisazobenzène*.

E. Grandmougin. Remarque au sujet de la publication de A. S. Wheeler: sur une nouvelle réaction colorée de la lignocellulose. (*Ber. d. Deutch. chem. Ges.*, t. 40, p. 2453; Zurich, Polytechnicum.)

A. S. Wheeler a proposé dernièrement (*Ber. d. D. ch. Ges.*, t. 40, p. 1888) de se servir de la p-nitraniline pour déceler les fibres du bois; l'auteur fait remarquer que A. Bergé a déjà signalé cette réaction et que lui-même a soumis à une étude approfondie les colorations que l'on obtient avec les nitranilines et les nitrotoluidines (*Zeitsch. für Farbenindustrie* 1906, p. 321). Il ajoute que lorsqu'on diazote l'aniline ou la p-nitraniline, c'est à peine si ces réactifs donnent une coloration et en outre que la diméthylaniline ne donne plus de coloration et la p-nitrodiméthylaniline une faible coloration jaune seulement.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

des Travaux de Chimie faits en Suisse

1907

Mai

93. Bamberger (Eug.). Beiträge zur Kenntnis der Umlagerungen auf dem Gebiet der Arylhydroxylamine und der Chinole. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechnikums. — *Berichte* 40. 1893.

94. Bamberger (Eug.). Ueber die Einwirkung von äthyl- und methylalkoholischer Schwefelsäure auf as. m-Xylyl-hydroxylamin. I. Xylochinoläther. Zürich. — *Berichte* 40. 1906.

737 *bis*. Bamberger (Eug.). Ueber die Einwirkung äthyl- und methylalkoholischer Schwefelsäure auf as-m-Xylylhydroxylamin. II. Imino-xylochinoläther. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1918.

95. Bamberger (Eug.). Umlagerungen des 2.4.-Dimethylchinol-äthyläthers. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1956.

321 *bis*. Bamberger (Eug.) und Brun (Josef). Ueber die Einwirkung alkoholischer Schwefelsäure auf 2.4.-Dimethylchinol. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechnikums. — *Berichte* 40. 1949.

96. Bamberger (Eug.) und Frei (Johannes). Ueber die Einwirkung von Fettalkoholen auf 2.4.-Dimethylchinol bei Gegenwart von konzentrierter Schwefelsäure. Zürich. Anal.-chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 1932.

646 *bis*. Bissegger (Walther). Weitere Beiträge zur Kenntnis der stickstoffhaltigen Bestandteile, insbesondere der Eiweisskörper des Emmentaler Käses. *Dissert.* Zürich (Prof. Winterstein).

97. Castoro (Nicola). Sulla preparazione del nitrato d'argento ammoniacale. Zurigo. Lab. di chim. agraria del Polytecn. — *Gazz. chim.* 37 (1) 310.

632 *bis.* Chorower (Chuna). Ueber die Beweglichkeit von Hologenatomen in organischen Verbindungen. *Dissert.* Zürich (Prof. Werner).

98. Cloetta (M.). Ueber Digitoxin und Digalen. Zürich. Pharmakol. Inst. — *Münchner med. Wochenschr.* **54.** 987.

99. Greinacher (H.) und Kernbaum (M.) Ueber das gasförmige Umwandlungsprodukt des Poloniums. Heidelberg und Genf. Physikal. Inst. der Univ. — *Physikal. Zeitschr.* **8.** 339.

100. Guye (Philippe A.). Application de la méthode des densités limites aux gaz permanents à 0° ; constante des gaz parfaits. Genève. — *Comptes rendus* **144.** 976.

101. Kehrmann (F.). Ueber eine neue chinoïde Atomgruppierung, welche in Oniumkörper vorkommen kann. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **40.** 1960.

102. Kehrmann (F.). Ueber Azoxoniumverbindungen. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* **40.** 2071.

103. Lunge (G.) und Berl (E.). Zur Untersuchung von Misch- und Abfallsäuren. Zürich. — *Chem. Zeitung* **31.** 485.

104. Reverdin (Frédéric). Sur l'acide 3-nitro-4-diméthylamino-1-benzoïque. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **23.** 458 et *Bull. de la Soc. chimique* (4) **1.** 618.

105. Spiro (Luser). Vergleichende Untersuchung über das Verhalten von Aethylenchloriden und Aethylenbromiden gegen Pyridin. *Dissert.* Zürich (Dr Pfeiffer).

106. Tsakalotos (D. E.). Application de la loi de Trouton à la détermination des élévations moléculaires des points d'ébullition des dissolutions. Genève. — *Comptes rendus* **144.** 1104.

650 *bis.* Walder (Emil). Ueber Derivate des Methylenblaus. *Dissert.* Zürich (Prof. Gnehm).

107. Werner (A.). Ueber mehrkernige Metallammoniake. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* **40.** 2103.

467 *bis.* Zlokasoff (Marguerite). Etude sur les acides arylsalicyliques. *Thèse.* Genève (Dr Ullmann).

Juin

151 *bis.* Bamberger (Eug.) und Reber (Emil). Ueber die Einwirkung von Phenylhydrazin auf 2.4.-Dimethyl-chinol. Zürich. Anal.-chem. Lab. d. Polytechn. — *Berichte* **40.** 2258.

108. Bamberger (Eug.) und Rudolf (L.) Ueber die Einwirkung von Hydroxylamin auf 2.4.-Dimethyl-chinol und seine Aether. Zürich. Anal.-chem. Lab. d. Polytechn. — *Berichte* **40.** 2236.

109. BAUMHAUER (H.). Ueber einige Platindoppelcyanüre, insbesondere diejenigen des Calciums, Strontiums und Bariums. Freiburg. — *Zeitschr. Krystallogr.* 43. 356.

110. FAINBERG (M. T.). Recherches sur la préparation des éthers-sels de quelques alcools de la série grasse au moyen de l'acide sulfureux. *Thèse.* Genève (Dr Darier).

111. FICHTER (Fr.). Anleitung zum Studium der chemischen Reaktionen und der qualitativen Analyse. Basel.

112. FICHTER (Fr.) und BERNOULLI (W.). Die elektrolytische Reduktion des p-Toluolsulfochlorids. Basel. Chem. Inst. der Univ., Abt. I. — *Zeitschr. Elektroch.* 13. 310.

113. FRÖHLICH (J.). Eine Synthese unsymmetrisch substituierter Thianthrene. Basel. Univ.-Lab. I. — *Berichte* 40. 2489.

114. GLAUSER (R. Th.). Ein Herstellungsverfahren der Selensäure aus seleniger Säure. St Sulpice. — *Chem. Zeitung* 31. 630.

115. GOLDBERG (Irma) und NIMEROVSKY (Marie). Ueber Triphenylamin und Triphenylamin-carbonsäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 2448.

116. GRANDMOUGIN (Eug.). Bemerkung zur Abhandlung des Hrn. A. D. Wheeler: Ueber eine neue Farbenreaktion der Lignocellulosen. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 2453.

117. GRANDMOUGIN (Eug.) und FREIMANN (H.). Phenol-2.4.6-trisazobenzol. Zürich. Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 2662.

101 *bis.* GRESLY (Werner P.). Contribution à l'étude des dérivés de l'azoxonium. *Thèse.* Genève (Dr Kehrmann).

118. GUYE (Ph. A.). Application de la méthode des densités-limites aux gaz liquéfiables. Genève. — *Comptes rendus* 144. 1360.

119. LOEB (Oswald). Die Jodverteilung nach Einfuhr verschiedener Jodverbindungen. Bern. Inst. f. med. Ch. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* 56. 320.

120. OESTERLE (O. A.). Ueber einen Bestandteil des Holzes von Morinda citrifolia. Bern. — *Archiv der Pharm.* 245. 287.

121. PELET (L.) et GILLIÉRON (E.). Action de l'iodure et de l'iodate de potassium sur quelques matières colorantes basiques en solution acide. Lausanne. Lab. de ch. industr. — *J. suisse de chimie* 45. 357.

121 *bis.* PELET (L.) et GILLIÉRON (E.). Action de l'iode sur quelques matières colorantes basiques. Lausanne. Lab. de chim. industr. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 43. 229.

122. Pelet (L.) et Grand (L.). Sur quelques sulfhydrates et quelques sulfo-sulfhydrates de bases colorantes. Lausanne. Lab. de ch. industr. — *J. suisse de chimie* 45. 375.

122 *bis*. Pelet (L.) et Grand (L.). Sur les sulfo-sulfhydrates et les sulfhydrates de quelques matières colorantes basiques. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Bull. de la Soc. vaudoise des Sc. nat.* 43. 241.

104 *bis*. Reverdin (Frédéric). Ueber die 3-Nitro-4-dimethylamino-1-benzoesäure. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 2442.

123. Reverdin (Frédéric). Nitrierung einiger Derivate des p-Amino-phenols. Genf. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 2848.

124. Rouge (Ernest). Lactarius sanguifluus und die Lipase. Genf. Bot. Lab. der Univ. — *Zentralbl. Bakteriol.* 18. 403. 587.

125. Rupe (H.), Pfeiffer (S.) und Splittgerber (J.). Ueber Kondensationen mit Citronellal. Basel. — *Berichte* 40. 2813.

126. Schmidlin (Julius). Zur Konstitution des Triphenylmethyls. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 2316.

903 *bis*. Schmitz (Richard). Ueber die Ausscheidung des Chinins im menschlichen Harn. Bern. Inst. für med. Ch. der Univ. — *Arch. exper. Pathol.* 56. 301.

127. Schulze (E.). Zur Frage der Bildungsweise des Asparagins und des Glutamins in den Keimpflanzen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Ber. der d. botan. Ges.* 25. 213.

128. Schulze (E.). Ueber den Phosphorgehalt einiger aus Pflanzensamen dargestellter Lecithinpräparate. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* 52. 54.

129. Stern (Karl Léo). Contribution à l'étude de la constitution de la rosindone et de ses isomères. *Thèse*. Genève. (Dr. Kehrmann).

130. Stœcklin (E. de). Contribution à l'étude de la peroxydase. *Thèse*. Genève (Prof. Chodat).

131. Vecchiotti (Luigi). Etude de l'action des nitrates alcalins sur le carbonate de baryum. *Thèse*. Genève (Dr Cantoni).

132. Weizmann (M.). Etude des acides nitrotolylaminoacétiques. *Thèse*. Genève (Dr Darier).

133. Werner (A.). Zur Kenntnis der Rutheniumammoniakverbindungen. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 2614.

215 *bis*. Werner (A.) und Fröhlich (A.). Ueber stereoisomere Dichloro-dipropylendiamin-kobaltisalze. Zürich. Univ.-Lab. — *Berichte* 40. 2225.

134. Wilde (P. de). Sur l'origine du pétrole et de ses dérivés. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* 23. 558 et *Monit. scient.* 21. 301.

135. WILLSTÄTTER (Richard) und MOORE (Charles Watson). Ueber Anilinschwarz. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 2665.

Juillet

136. BACH (A.). Ueber das Verhalten der Peroxydase gegen Hydroxylamin, Hydrazin und Blausäure. Genf. Privatlab. — *Berichte* 40. 3185.

137. BRINER (E.). Etudes physico-chimiques sur l'électrolyse des chlorures alcalins. Recherches sur l'électrolyse du chlorure de sodium dans un appareil à diaphragme. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *J. ch. phys.* 5. 398.

138. BRINER (E.) et DURAND (E.). Action de l'étincelle électrique sur le mélange azote-oxygène aux basses températures. Genève. — *Comptes rendus* 145. 248.

139. COUCHET (Ch.) und CHAUFFAT (W.). Elektrolyse von aufgelöstem Natriumnitrat durch Wechselstrom. Genf. — *Zeitschr. Elektroch.* 13. 410.

140. COURT (Géo). Sur quelques nouveaux alcaloïdes végétaux. *Thèse.* Genève (Prof. Pictet).

141. DEMIERRE (Henri) et DUBOUX (Marcel). Etude de la réaction entre le sulfocyanure de baryum et l'acide bromacétique en milieu acétonique. Lausanne. Lab. de ch. physiqne de l'Univ. — *J. ch. phys.* 5. 340.

142. EINHART (J. G.). Die wirtschaftliche Entwicklung und Lage der Elektrotechnik in der Schweiz. Zürich.

143. FAGETTI (Flavio). Etude sur la dicéramidonine et sur une nouvelle synthèse du tétraméthylméthane. *Thèse.* Genève (Dr Ferrario).

144. FICHTER (Fr.). Ueber Aluminiumnitrid. Basel. Univ.-Lab. I. — *Zeitschr. anorg. Ch.* 54. 322.

145. GUYE (Philippe A.). Recherches sur les densités des gaz. Genève. Lab. de ch. physique de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* 24. 34.

145 *bis.* KAUFLER (Felix). Zur räumlichen Auffassung der mehrkernigen Verbindungen. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 3250.

146. KAUFLER (F.) und BOREL (H.). Ueber Ringschlüsse bei Derivaten des Diphenyls, Diphenylmethans und Diphenyläthans. Zürich. Chem. Lab. d. Polytechn. — *Berichte* 40. 3253.

147 *bis.* KAUFLER (F.) und BRÄUER (E.). Zur Kenntnis der Periderivate des Naphthalins. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Berichte* 40. 3269.

83 *bis*. KAUFLER (F.) und KARRER (U.). Ueber 2. 7-Derivate des Naphthalins. Zürich. Chem. Lab. des Polytechnikums. — *Berichte* **40**. 3262.

147. KAUFLER (F.) und THIEN (O.). Ueber die 2. 6- und 2. 7-Naphthalindicarbonsäure. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. *Berichte* **40**. 3257.

148. LORENZ (Richard). Die elektrolytische Dissoziation geschmolzener Salze. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn.— — *Berichte* **40**. 3308.

149. MAURI (Livio). Recherches sur la décomposition de l'oxalate de plomb par des solutions salines. *Thèse*. Genève (Dr Cantoni).

150. PFEIFFER (P.). Diaquo - tetrammin - chromisalze. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Berichte* **40**. 3126.

151. PICTET (Amé) et KARL (Georges). Sur un anhydride mixte de l'acide sulfurique et de l'acide azotique. Genève. — *Comptes rendus* **145**. 238.

152. POLLINI (Giovanni). Recherches sur la préparation synthétique des dérivés de tolylxanthonium et sur une nouvelle synthèse du tétraphénylméthane. *Thèse*. Genève (Dr Ferrario).

123 *bis*. REVERDIN (Frédéric). Nitration de quelques dérivés du p-aminophénol. Genève. Lab. de ch. org. de l'Univ. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **24**. 77 et *Bull. de la Soc. chimique* (4) **1**. 624.

153. RIVIER (H.). Sur les chlorthioicarbonates de phényle. Neuchâtel. Lab. de la Fac. des sciences. — *Bull. de la Soc. chimique* (4) **1**. 733.

154. RUSSENBERGER (J.-H.). Recherches sur les fausses solutions. *Thèse*. Genève et Paris.

155. TSCHIRCH (A.). Ueber Pektin und Protopektin. Bern. — *Ber. der d. pharm. Ges.* **17**. 237.

156. WILLSTÆTTER (Richard) und HOCHEDER (Ferdinand). Ueber die Einwirkung von Säuren und Alkalien auf Chlorophyll. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **354**. 205.

157. WILLSTÆTTER (Richard) und MIEG (Walter). Ueber die gelben Begleiter des Chlorophylls. Zürich. Chem. Lab. des Polytechn. — *Annalen* **355**. 1.

Août

158. ABDERHALDEN (Emil), BLOCH (Bruno) und RONA (Peter). Abbau einiger Dipeptide des Tyrosins und Phenylalanins bei

einem Falle von Alkaptonurie. Basel. med. Klinik des Bürgerspitales und Berlin, chem. Inst. der Univ. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **52**. 435.

159. Castoro (N.). Ueber die in den Samenschalen von Cucurbita Pepo enthaltenen Hemicellulosen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Zeitschr. physiol. Ch.* **52**. 521.

160. Chodat (R.) et Staub (W.). Nouvelles recherches sur les ferments oxydants. La spécificité de la tyrosinase et son action sur les produits de la dégradation des corps protéiques. Genève. — *Archives des Sc. phys. et nat.* **24**. 172.

161. Dhéré (Charles). Sur l'absorption des rayons ultra-violets par l'adrénaline. Fribourg. Fac. des Sciences. — *Bull. de la Soc. chimique* (4) **1**. 834.

162. Falta (W.), Grote (F.) und Stæhelin (R.). Versuche über Stoffwechsel und Energieverbrauch an pankreaslosen Hunden. Basel. Med. Klinik. — *Beitr. chem. Physiol.* **10**. 199.

163. Grandmougin (Eug.) Verwendung von Natriumhydrosulfi. als Reduktionsmittel für organische Substanzen. Zürich Chem.-techn. Lab. des Polytechn. — *J. prakt. Ch.* **76**. 124

164. Lorenz (Richard). Metallnebel, Stromausbeute und die Theorie der Zuschläge bei der Elektrolyse geschmolzener Salze. Zürich. Lab. für physikal. Ch. des Polytechn. — *Zeitschr. Elektroch.* **13**. 582.

165. Mdivani (B.). Essais sur la réduction du pentoxyde de vanadium. Genève. Lab. de ch. anal. de l'Univ. — *Annales ch. anal.* **12**. 305.

5 *bis*. Nydegger (Otto). Ueber die Bestimmung der Schwefelsäure durch Benzidin. *Dissert.* Bern (Prof. Friedheim).

166. Pelet et Grand (L.) Sur la fixation de quelques matières colorantes par les substances minérales. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Revue gén. des matières colorantes* **11**. 225.

166 *bis*. Pelet (L.) und Grand (L.). Ueber die Fixierung einiger Farbstoffe durch mineralische Substanzen. Lausanne. Lab. de ch. industr. de l'Univ. — *Zeitschrift für Chemie der Kolloide* **2**. 41.

167. Pfeiffer (P.). Beitrag zur Konstitutionsfrage des Chromchloridpyridins. Zürich. Chem. Univ.-Lab. — *Zeitschr. anorg. Ch.* **55**. 97.

168. Prade (Rudolf). Konstitution der Pyridinadditionen an Zinnhalogenide. Das Diæthylzinn. *Dissert.* Zürich (Dr Pfeiffer).

169. Schulze (E.). Zum Nachweis des Rohrzuckers in Pflanzensamen. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. —*Zeitschr. physiol. Ch.* **52**. 404.

170. SCHULZE (E.). Ueber die Bestandteile der Samen von Pinus Cembra. Zürich. Agrik.-chem. Lab. des Polytechn. — *Landw. Vers.-Stationen* **67**. 57.

171. SZABRANSKI (Wladislaus). Synthese des Flavonols. *Dissert.* Bern (Prof. von Kostanecki).

1 17 *bis*. THIEN (Oscar). Ueber die Derivate des 2,6 und 2,7-Naphtalindikarbonsäuren. *Dissert.* Bern (Dr Kaufler).

172. TISZA (Ed.). Der Kupfergehalt der Kakaoschalen. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Schweiz. Wochenschr.* **45**. 526.

173. TSCHIRCH (A.). Grundlinien einer physiologischen Chemie der pflanzlichen Sekrete. Bern. Pharm. Inst. der Univ. — *Archiv der Pharm.* **245**. 380.

173 *bis*. TSCHIRCH (A.). Essai d'une chimie physiologique des sécrétions végétales. Berne. — *J. suisse de chimie* **45**. 585 et 599.

174. VOGELSOHN (Abraham). Ueber die Einwirkung von Organ-Extrakten auf Nitrate und Nitrite. *Dissert.* Bern (Prof. Heffter)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A

L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS

NOVEMBRE 1907

Le 1er, forte rosée le matin.
2, brouillard le matin ; pluie à 1 h. et à 4 h. du soir.
3, pluie dans la nuit; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
6, brouillard le matin.
8. brouillard à 7 h. du matin.
9, pluie dans la nuit.
10, forte rosée le matin.
11, brouillard le matin et forte rosée; pluie depuis 10 h. du soir.
12, pluie dans la nuit et à 7 h. du matin ; fort vent dans la journée.
13, fort vent l'après-midi : pluie depuis 4 h. du soir; nouvelle neige sur les montagnes environnantes.
15, **première gelée blanche à glace de la saison.**
18, forte bise jusqu'à 1 h. du soir.
20, brouillard jusqu'à 7 h. du soir.
23, légère gelée blanche le matin.
24, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin ; neige sur le Salève.
25, très forte gelée blanche le matin.
26, pluie pendant la plus grande partie de la journée.
27, forte rosée le soir.
28, forte rosée le matin ; brouillard depuis 10 h. du matin.
29, brouillard pendant toute la journée.
30, brouillard le matin et à 7 h. du soir.

GENEVE — NOVEMBRE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 700mm + 7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 8 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max.	Vent 7 h.	Vent 1 h.	Vent 9 h.	Dominant	Vit. moy. kil. h.	Nébulosité 7 h.	1 h.	9 h.	Moy. 6 obs.	Pluie Hauteur 24 h.	Nombre d'heures	Durée d'insolation
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.										mm.		h.
1	28.6	27.4	26.7	27.51	+ 1.35	26.3	29.0	S. 0	N. 1	S. 1	calme	0.8	7	5	10	6	....	....	5.0
2	21.8	22.6	20.1	23.21	− 2.95	20.2	26.6	S. 0	SW. 0	S. 1	calme	1.2	10	10	10	10	3.1	2	...
3	19.9	19.5	20.4	**20.19**	**− 5.96**	19.1	21.0	S. 0	N. 0	SE. 1	var.	2.9	10	10	10	9	....	....	1.8
4	22.0	23.4	26.0	23.14	− 3.02	20.7	26.5	N. 1	NE. 1	NE. 0	N. 1	1.9	10	10	10	10	....	....	...
5	27.8	27.5	29.0	27.89	+ 1.73	26.8	29.3	SE. 1	N. 0	SE. 1	calme	1.5	10	10	10	10	0.1	....	...
6	29.1	28.6	29.4	29.02	+ 2.86	28.4	29.8	SE. 1	N. 1	SE. 1	N. 1	2.6	10	10	10	10	....	....	...
7	30.0	29.0	29.0	29.33	+ 3.16	28.0	30.1	SE 1	N. 1	S. 1	N 1	3.1	10	1	0	5	....	....	4.0
8	29.0	27.2	26.4	27.86	+ 1.68	26.3	29.7	S. 0	NE. 0	N. 1	calme	1.6	10	10	10	10	0.5	1	...
9	21.9	24.3	25.7	25.21	− 0.98	24.2	26.5	N. 0	NE. 1	SE. 1	calme	1.1	10	10	0	7	....	....	0.6
10	27.5	27.6	28.9	27.72	+ 1.52	26.4	29.3	S. 0	N. 1	NE. 0	var.	1.9	6	2	10	3	....	....	6.9
11	27.6	25.8	22.5	26.09	− 0.12	22.2	29.0	S. 0	SE. 0	S. 0	calme	0.8	10	10	10	10	**11.5**	**9**	...
12	20.0	20.2	26.1	21.88	− 4.31	**19.1**	27.5	SE. 0	SW. 0	SW. 2	SSW. 1	6.2	10	10	10	9	4.7	3	2.3
13	29.0	29.1	29.0	28.87	+ 2.63	27.6	30.0	S. 1	SSW. 2	SSW. 2	SSW. 1	**9.3**	7	9	10	9	6.4	...6	2.2
14	32.6	33.0	33.1	32.47	+ 6.22	30.5	33.1	S. 0	N. 1	NE. 1	N. 1	3.4	2	7	0	2	....	....	5.6
15	31.2	33.5	33.3	**33.75**	**+ 7.48**	33.0	**34.5**	S. 1	NNE. 1	S. 0	NNE. 1	3.2	8	2	0	4	....	....	**5.7**
16	32.8	31.7	31.8	32.39	+ 6.10	31.6	33.6	S. 1	N. 1	S. 1	calme	1.2	10	6	10	8	....	....	3.4
17	31.9	30.7	30.5	31.17	+ 1.86	30.3	31.9	SE. 0	NW. 0	NE. 0	N. 1	2.1	10	10	10	9	....	....	...
18	31.5	32.0	33.5	32.12	+ 5.78	30.7	33.7	NNE 2	NNE. 2	ESE. 1	NNE. 1	8.0	10	10	10	10	....	....	...
19	33.7	32.1	31.6	32.72	+ 6.36	31.6	33.7	E. 1	NE. 0	S. 0	var.	1.9	10	10	9	7	....	....	3.0
20	30.8	29.8	30.7	30.48	+ 4.09	29.7	31.1	S. 0	N. 0	NNE. 1	var.	2.3	10	10	10	10	....	....	...
21	31.2	31.0	30.9	31.07	+ 1.66	30.6	31.5	SE. 1	N. 1	NNE. 1	NNE. 1	9.1	10	10	10	10	....	....	...
22	29.9	28.6	27.4	28.96	+ 2.52	27.0	30.7	NNE. 1	N. 1	NE. 1	N. 1	7.1	10	10	10	9	....	....	...
23	26.1	25.5	24.9	25.69	− 0.78	24.6	27.1	SE. 0	SE. 0	SE. 0	calme	0.7	7	10	10	9	0.3	1	1.1
24	27.0	27.4	28.9	27.25	+ 0.75	25.1	28.9	S 0	SW. 1	S. 1	var.	4.8	10	7	0	5	1.0	1	1.4
25	27.4	26.1	24.8	26.43	− 0.10	24.5	28.1	S. 1	S. 1	SSW. 1	var.	4.6	9	0	10	6	0.7	1	5.5
26	22.9	23.6	24.7	23.81	− 2.76	22.8	24.7	SSW. 1	SW. 1	NW. 1	var.	5.9	10	10	10	10	6.2	6	...
27	23.7	24.3	26.2	24.46	− 2.11	22.6	26.7	N. 0	SSW. 1	N. 1	var.	2.1	3	9	1	4	....	....	2.0
28	28.1	28.5	30.0	28.55	+ 1.91	27.0	30.6	S. 0	NW. 0	S. 1	calme	1.5	9	10	10	10	....	....	...
29	32.0	32.0	32.7	31.70	+ 5.03	30.0	32.8	SW. 1	SW. 0	S. 0	calme	1.5	10	10	10	10	....	....	...
30	32.6	32.6	32.4	32.65	+ 5.94	32.3	33.1	S. 0	N. 0	W. 0	calme	0.7	10	10	10	9	0.7	1	...
Mois	28.29	27.82	28.23	28.12	+ 2.27							3.27	8.9	8.3	8.0	8.2	35.2	31	50.5

Jour du mois	Température 7 h.	Température 1 h.	Température 9 h.	Température Moyenne 8 Observ.	Température Écart avec la normale	Température Min.	Température Max	Fraction de Saturation en % 7 h.	Fraction de Saturation en % 1 h.	Fraction de Saturation en % 9 h.	Fraction de Saturation en % Moyenne 8 Obs.	Fraction de Saturation en % Écart av. la norm.	Fraction de Saturation en % Min.	Fraction de Saturation en % Max.	Températ. du Rhône Midi	Températ. du Rhône Écart avec la normale	Limnimètre
	°	°	°	°	°	°	°								°	°	mm.
1	+ 3.9	+11.1	+ 6.4	+ 7.26	+ 0.29	+ 3.6	+12.7	98	72	94	86	+ 3	55	99	13.1	+ 1.4	1717
2	5.8	10.0	8.5	7.82	+ 1.03	5.0	10.9	97	86	93	92	+ 9	80	98	12.9	+ 1.4	[illegible]
3	8.2	11.6	10.0	**9.83**	+ 3.22	8.0	13.0	100	83	86	92	+ 9	78	100	....	.....	1705
4	8.8	9.2	8.4	8.77	+ 2.33	7.5	10.8	84	84	88	85	+ 1	8[illegible]	95	11.5	+ 0.2	1677
5	7.0	8.0	7.6	7.71	+ 1.45	7.0	9.3	91	86	91	89	+ 5	84	96	12.1	+ 1.0	1682
6	6.4	9.1	7.9	7.91	+ 1.82	6.2	9.8	94	83	85	88	+ 4	80	100	12.0	+ 1.0	1685
7	6.8	9.1	7.1	7.96	+ 2.01	5.8	10.7	88	76	83	84	0	72	95	11.0	+ 0.1	1647
8	5.7	9.4	7.6	7.14	+ 1.10	4.6	10.0	100	84	94	92	+ 8	80	100	11.4	+ 0.7	1650
9	7.8	11.0	6.8	8.67	+ 3.10	5.6	12.0	91	80	94	91	+ 7	78	99	11.2	+ 0.6	1607
10	6.5	12.7	7.7	8.69	+ 3.29	5.2	13.9	96	69	89	87	+ 3	63	100	....	.....	1645
11	5.2	10.4	7.2	7.65	+ 2.41	4.4	11.7	97	86	88	93	+ 9	75	98	11.4	+ 1.1	1615
12	7.8	13.2	9.0	9.41	+ 4.34	7.7	**15.0**	100	77	74	89	+ 5	72	100	12.0	+ 1.8	1635
13	6.4	10.6	7.9	8.46	+ 3.55	6.3	12.1	88	59	86	77	− 7	55	90	11.8	+ 1.7	1612
14	1.0	9.0	3.2	6.49	+ 1.75	+ 1.0	13.1	83	51	93	72	−12	42	95	11.0	+ 1.0	1645
15	0.8	8.2	3.6	1.06	− **0.52**	− 0.2	9.8	96	60	81	83	− 1	58	99	9.6	+ 0.2	1617
16	1.8	8.1	6.2	4.77	+ 0.35	+ 0.5	9.7	95	69	88	84	0	65	98	10.0	+ 0.3	1638
17	5.7	8.4	8.7	7.34	+ 3.08	5.7	9.3	84	79	78	82	− 2	68	93	....	.....	1620
18	5.8	6.9	5.9	6.42	+ 2.32	5.4	8.3	83	77	78	80	− 4	70	89	9.5	0.0	1595
19	4.4	7.8	2.9	5.37	+ 1.42	+ 1.8	9.0	79	68	85	76	− 8	64	90	8.3	− 1.0	1598
20	1.8	6.1	6.0	3.88	+ 0.09	− 0.5	7.0	98	74	82	89	+ 5	70	100	7.8	− 1.4	1605
21	4.6	6.2	4.6	5.25	+ 1.61	+ 1.0	7.0	75	69	72	71	−13	58	84	7.5	− 1.6	1570
22	+ 2.7	4.4	3.6	3.65	+ 0.16	+ 2.5	5.0	76	63	70	70	−14	60	81	6.7	− 2.5	1560
23	− 0.2	5.5	3.2	**3.09**	− 0.25	− 0.3	6.5	89	71	80	80	− 5	64	92	6.3	− 2.5	1545
24	+ 1.0	6.2	0.3	3.94	+ 0.74	− 0.9	7.1	87	67	92	77	− 8	63	95	....	.....	1505
25	− 0.5	9.3	5.6	3.40	+ 0.34	− **1.7**	9.5	88	38	50	**65**	**−20**	**35**	89	7.7	− 0.9	1522
26	+ 5.2	6.4	7.2	6.39	+ 3.47	+ 5.1	8.1	79	94	93	80	− 5	40	98	7.1	− 1.4	1500
27	3.6	13.8	7.7	8.02	+ **5.24**	3.0	**15.0**	96	58	89	83	− 2	50	100	6.8	− 1.5	1505
28	2.0	5.4	4.5	4.18	+ 1.54	1.9	6.5	95	100	100	96	+11	82	100	7.0	− 1.3	1510
29	2.6	3.6	3.3	3.20	+ 0.69	2.5	4.8	100	100	98	**99**	**+14**	93	100	7.0	− 1.2	1505
30	+ 2.5	+ 5.3	+ 5.7	+ 4.15	+ 1.77	+ 2.3	6.5	96	86	88	94	+ 9	83	100	6.7	− 1.4	1500
Mois	+ 4.57	+ 8.53	+ 6.15	+ 6.36	+ 1.81	+ 3.63	+ 9.80	91	75	85	84	+ 1			9.59	− 0.01	1621

MOYENNES DE GENÈVE. — NOVEMBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique de Genève à la pesanteur normale : + 0mm.02. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

Pression atmosphérique : 700mm +

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.	Moyennes
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re déc.	26.38	26.18	26.36	26.59	25.72	25.38	25.88	26.38	26.11
2e »	30.32	30.09	30.41	30.60	29.78	29.73	30.17	30.45	30.19
3e »	27.94	27.64	28.11	28.55	27.96	27.82	28.15	28.28	28.06
Mois	28.21	27.97	28.29	28.58	27.82	27.64	28.07	28.37	28.12

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+6.82	+6.63	+6.69	+8.73	+10.12	+10.07	+8.67	+7.68	+ 8.18
2e »	5.05	4.67	4.37	7.11	8.87	8.38	6.82	5.82	6.38
3e »	3.90	3.27	2.65	4.39	6.61	5.85	5.22	4.32	4.53
Mois	+ 5.26	+ 4.86	+4.57	+6.74	+8.53	+8.10	+6.90	+5.94	+6.36

Fraction de saturation en %.

1re décade	93	95	95	87	80	81	88	89	89
2e »	88	91	90	79	70	73	84	85	82
3e »	82	83	88	86	75	77	80	82	82
Mois	88	90	91	88	75	77	84	85	84

Dans ce mois l'air a été calme 389 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NNE}{SSW} = \frac{58}{37} = 1.57$.

Moyennes des 3 observations (7h, 1h, 9h)

Pression atmosphérique		728.11 mm
Nébulosité		8.4
Température	$\frac{7+1+9}{3}$	+ 6°.42
	$\frac{7+1+2\times9}{4}$	+ 6°.35
Fraction de saturation		84 %

Valeurs normales du mois pour les éléments météorologiques, d'après Plantamour :

Press. atmosphér.	(1836-1875)	725.85 mm
Nébulosité	(1847-1875)	7.9
Hauteur de pluie	(1826-1875)	74mm.0
Nombre de jours de pluie	(id.)	11
Température moyenne	(id.)	+ 4°.55
Fraction de saturat.	(1849-1875)	83 %

Observations météorologiques faites dans le canton de Genève

Résultats des observations pluviométriques

Station	CELIGNY	COLLEX	CHAMBESY	CHATELAINE	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIERES
Hauteur d'eau en mm.	41.7	44.8	38.9	38.7	42.6	40.1	31.2

Station	VEYRIER	OBSERVATOIRE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Hauteur d'eau en mm.	29.8	35.2	33.0	27.6	31.6	39.8

Insolation à Jussy : 62h.5.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU

GRAND SAINT-BERNARD

PENDANT LE MOIS

DE NOVEMBRE 1907

Les 1 et 2, pluie, neige et fort vent.
le 3, brouillard et fort vent.
les 8 et 9, neige et pluie.
le 11, brouillard et neige.
les 12 et 13, pluie et neige; brouillard le matin du 12.
le 14, très forte bise.
22, très fort vent.
26, très fort vent et neige.
27, très fort vent.

GRAND SAINT-BERNARD — NOVEMBRE 1907

Jour du mois	Pression atmosphérique 500mm +							Vent				Nébulosité				Pluie	Neige
	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Ecart av. la norm.	Barographe Min.	Barographe Max	7 h.	1 h.	9 h.	Dominant	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Hauteur (24 h.)	Hauteur (24 h.)
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.									mm.	cm.
1	66.5	67.1	67.5	67.0	+ 3.7	66.3	67.7	SW. 1	SW 2	SW. 2	SW. 2	3	4	4	4	11.5	4
2	65.7	64.2	63.1	64.3	+ 1.1	62.9	66.1	SW. 1	SW. 2	SW. 3	SW. 2	7	10	10	9	**18.0**	7
3	62.0	62.4	62.6	62.3	− 0.9	61.8	62.8	SW. 3	SW. 2	SW 2	SW. 2	10	10	7	9	....	....
4	62.8	63.9	65.2	64.0	+ 0.9	62.6	65.5	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW. 1	8	5	7	7	....	....
5	66.4	66.8	67.2	66.8	+ 3.8	66.3	67.3	SW. 2	SW. 1	SW. 1	SW 1	0	0	0	0	....	....
6	66.8	66.7	67.9	67.1	+ 4.1	66.5	68.1	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	1	2	4	2	....	....
7	68.3	68.8	68.2	68.4	+ 5.5	68.0	69.0	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	2	0	3	2	....	...
8	67.1	66.9	66.0	66.8	+ 3.9	65.5	67.8	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	11.0	**9**
9	64.8	64.2	64.4	64.5	+ 1.7	64.0	65.1	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	10	10	10	10	8.0	6
10	65.7	66.3	67.2	66.4	+ 3.7	65.2	67.4	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	2	0	0	1	....	....
11	66.3	65.5	63.2	65.0	+ 2.3	62.8	66.6	SW. 1	SW. 1	SW. 2	SW. 1	4	10	10	8	8.5	5
12	59.6	60.5	62.0	60.7	− 2.0	59.3	62.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	10	9	10	10	13.6	9
13	63.4	63.9	63.2	63.5	+ 0.9	63.0	64.2	SW. 2	NE 1	NE. 2	NE. 2	10	8	10	9	9.5	6
14	64.5	65.3	66.4	65.4	+ 2.9	64.3	66.8	NE. 2	NE. 3	NE. 1	NE. 2	7	10	0	6	....	....
15	67.7	68.4	68.5	68.2	+ 5.7	67.4	68.8	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
16	67.5	67.3	67.0	67.3	+ 4.8	66.8	67.9	NE. 1	SW. 1	NE. 1	NE. 1	4	9	0	4	....	....
17	66.2	65.7	65.5	65.8	+ 3.4	65.2	66.4	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	3	0	0	1	....	....
18	65.9	66.4	68.0	66.8	+ 4.4	65.6	68.1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	0	0	....	....
19	68.1	67.5	66.3	67.3	+ 5.0	65.9	68.3	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	4	1	2	....	....
20	64.7	64.1	64.5	64.4	+ 2.1	64.0	65.2	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	0	0	6	2	....	....
21	64.2	64.5	63.9	64.2	+ 1.9	63.0	65.0	NE. 1	NE. 1	NE. 1	NE. 1	1	0	4	2	....	....
22	62.3	61.6	60.7	61.5	− 0.7	60.0	62.8	SW. 3	SW. 2	SW. 1	SW. 2	10	1	0	4	....	....
23	59.0	57.7	60.3	**59.0**	− **3.2**	**57.5**	60.6	SW. 1	SW. 2	SW. 2	SW. 2	0	2	5	2	...	....
24	60.2	60.4	60.9	60.5	− 1.6	60.0	61.2	SW. 2	NE. 1	NE. 2	NE. 2	7	10	10	9	....	....
25	60.4	60.5	62.0	61.0	− 1.1	60.0	62.1	NE. 2	NE. 1	SW. 2	NE. 2	4	0	0	1	....	....
26	60.3	66.0	63.6	63.1	+ 1.0	60.0	66.1	SW. 3	SW. 2	NE. 2	SW 2	10	5	2	6	5.7	5
27	64.0	64.3	65.8	64.7	+ 2.6	63.9	66.0	SW. 2	SW. 2	SW. 3	SW. 2	3	1	2	2	....	....
28	66.6	67.2	67.7	67.2	+ 5.2	66.3	68.0	SW. 2	SW. 1	SW. 2	SW. 2	1	2	1	1	....	....
29	68.7	68.8	69.3	68.9	+ 6.9	68.5	69.5	SW. 1	SW. 1	SW. 1	SW. 1	0	0	0	0	....	....
30	69.7	69.0	69.2	**69.3**	+ **7.3**	68.8	**70.0**	SW. 1	NE. 1	SW. 1	SW. 1	0	4	3	2	....	....
Mois	64.86	65.06	65.22	65.05	+ 3.02							4.2	4.2	4.0	4.1	88.8	51

Jour du mois	Température							Fraction de saturation en %					
	7 heures	1 heure	9 heures	Moyenne 3 Observ.	Ecart avec la normale	Minimum	Maximum	7 h.	1 h.	9 h.	Moyenne 3 Obs.	Min.	Max.
	°	°	°	°	°	°	°						
1	- 3.0	+ 1.3	- 0.8	- 0.8	+ 2.4	- 4.4	+ 1.3	68	57	62	62	55	78
2	+ 1.1	- 0.6	- 1.7	- 0.4	+ 2.9	- 2.0	+ 2.0	18	95	97	80	43	99
3	- 2.0	- 0.2	- 1.0	- 1.1	+ 2.3	- 2.0	0.0	96	97	100	**98**	90	100
4	- 0.7	+ 0.3	- 2.4	- 0.9	+ 2.7	- 2.6	+ 0.5	98	98	99	**98**	92	100
5	- 4.6	- 0.8	- 4.6	- 3.3	+ 0.4	- 5.4	- 0.6	95	67	58	73	28	96
6	- 2.5	- 1.6	- 1.5	- 1.9	+ 2.0	- 5.0	+ 0.6	18	32	32	27	**11**	35
7	- 3.7	- 3.2	- 4.4	- 3.8	+ 0.2	- 5.2	- 2.0	35	70	90	65	20	93
8	- 2.7	- 2.8	- 3.4	- 3.0	+ 1.1	- 5.5	- 2.6	96	95	96	96	90	98
9	- 3.7	- 2.6	- 2.5	- 2.9	+ 1.3	- 4.0	- 2.4	94	93	95	94	80	97
10	- 3.5	+ 0.2	- 3.0	- 2.1	+ 2.3	- 4.0	+ 0.2	91	87	88	89	83	95
11	- 3.0	- 2.3	- 2.3	- 2.5	+ 2.0	- 3.8	1.8	85	85	96	89	75	97
12	- 2.4	- 1.6	- 2.7	- 2.2	+ 2.5	- 3.0	- 1.4	98	98	96	97	93	99
13	- 5.1	- 2.2	- 5.4	- 4.2	+ 0.6	- 5.6	- 2.0	95	95	90	93	74	98
14	- 9.0	- 5.8	- 8.4	- 7.7	- 2.8	- 9.6	- 5.8	90	92	64	82	50	93
15	- 6.0	- 5.0	- 3.5	- 4.8	+ 0.2	- 9.0	- 1.8	37	55	76	56	35	78
16	- 4.2	- 1.6	- 5.2	- 3.7	+ 1.4	- 5.2	- 1.3	75	72	82	76	60	88
17	- 6.0	- 2.2	- 5.2	- 4.5	+ 0.8	- 6.5	- 2.0	92	62	69	74	55	93
18	- 5.0	- 1.0	- 4.2	- 3.4	+ 2.0	- 5.8	- 0.8	58	40	43	47	32	62
19	- 4.8	- 1.9	- 5.5	- 4.1	+ 1.4	- 5.6	- 1.8	42	37	53	44	32	57
20	- 8.4	- 5.2	- 8.2	- 7.3	- 1.7	- 8.8	- 5.0	67	57	98	74	52	100
21	- 7.5	- 5.0	- 7.2	- 6.6	- 0.9	-10.6	- 4.8	53	38	39	43	35	90
22	-11.4	-10.6	-11.2	**-11.1**	- **5.3**	-13.8	- 7.6	97	96	66	86	48	98
23	- 9.8	- 8.2	- 6.0	- 8.0	- 2.1	-12.0	- 5.8	37	32	57	42	16	62
24	- 8.2	- 6.2	-10.1	- 8.2	- 2.2	-10.5	- 6.0	95	87	97	93	58	98
25	-12.6	- 9.1	- 8.4	-10.0	- 3.9	**-14.0**	- 8.2	84	63	54	67	52	90
26	- 6.2	- 2.4	- 1.7	- 3.4	+ 2.8	- 9.8	- 1.5	96	91	98	96	48	98
27	- 1.8	- 2.0	- 4.4	- 2.7	+ 3.6	- 5.0	- 1.2	77	88	100	88	70	100
28	- 5.2	- 3.2	- 3.4	- 3.9	+ 2.5	- 5.8	- 3.0	85	85	67	79	35	89
29	- 1.0	+ 3.0	+ 1.1	+ 1.0	+ 7.5	- 4.8	+ 3.8	28	23	24	**25**	18	30
30	0.0	+ 4.0	- 0.5	+ **1.2**	+ **7.8**	- 1.0	+ **4.0**	26	20	42	29	20	44
Mois	- 4.76	- 2.62	- 4.26	- 3.88	+ 1.42	- 6.34	- 1.90	72	70	74	72		

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1907

Correction pour réduire la pression atmosphérique du Grand Saint-Bernard à la pesanteur normale : — 0mm.22. — Cette correction n'est pas appliquée dans les tableaux.

	Pression atmosphérique : 500mm +				Fraction de saturation en %			
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne
	mm	mm	mm	mm				
1re décade	65.64	65.73	65.93	65.76	74	79	82	78
2e »	65.39	65.46	65.46	65.44	74	69	77	73
3e »	63.54	64.00	64 28	63.94	68	63	64	65
Mois	64.86	65.06	65.22	65.05	72	70	74	72

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Moyenne. $\frac{7+1+9}{3}$	Moyenne. $\frac{7+1+2\times 9}{4}$
	°	°	°		°
1re décade	— 2.53	— 1.00	— 2.53	— 2.02	— 2.15
2e »	— 5.39	— 2.88	— 5.06	— 4.44	— 4.60
3e »	— 6.37	— 3.97	— 5.18	— 5.17	— 5.18
Mois	— 4.76	— 2.62	— 4.26	— 3.88	— 3.97

Dans ce mois l'air a été calme 0 fois sur 1000.

Le rapport des vents $\frac{NE}{SW} = \frac{38}{96} = 0.40$.

Pluie et neige dans le Val d'Entremont.

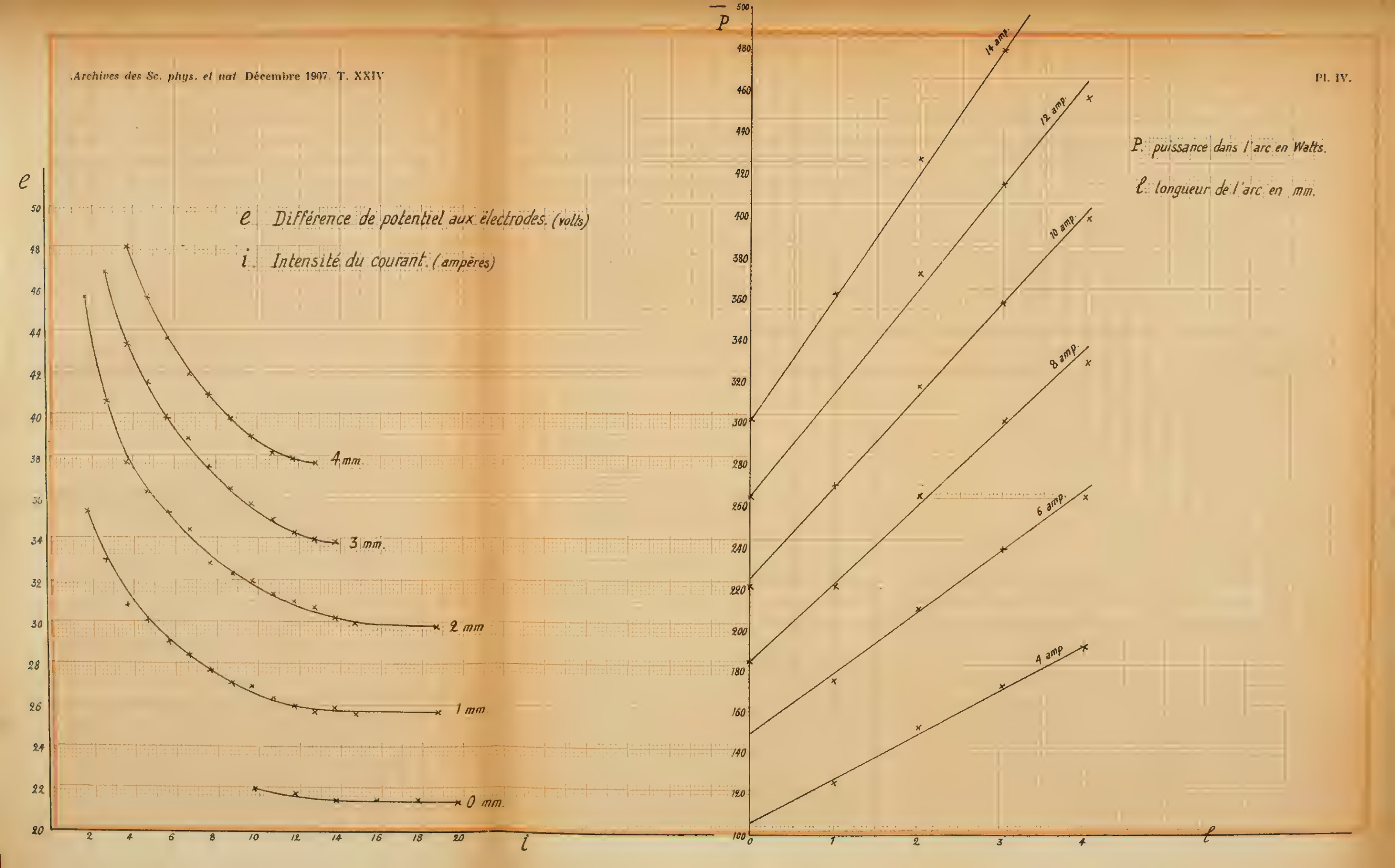
Station	Martigny-Ville	Orsières	Bourg-St-Pierre	St-Bernard
	mm	mm	mm	mm
Eau en millimètres.....	10.2	24.0	3.1	88.8
Neige en centimètres....	0cm	0cm	3cm	51cm



14 amp.
12 amp.
10 amp.
8 amp.
6 amp.
4 amp

P: 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50

l: 3, 4


e Différence de potentiel aux électrodes. (volts)
i Intensité du courant. (ampères)
e
50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
i
4 mm.
3 mm.
2 mm
1 mm.
0 mm.
P
500
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
0
1
2
3
4
l
14 amp.
12 amp.
10 amp.
8 amp.
6 amp.
4 amp
P. puissance dans l'arc en Watts.
l. longueur de l'arc en mm.

Pl. V.

3 mm

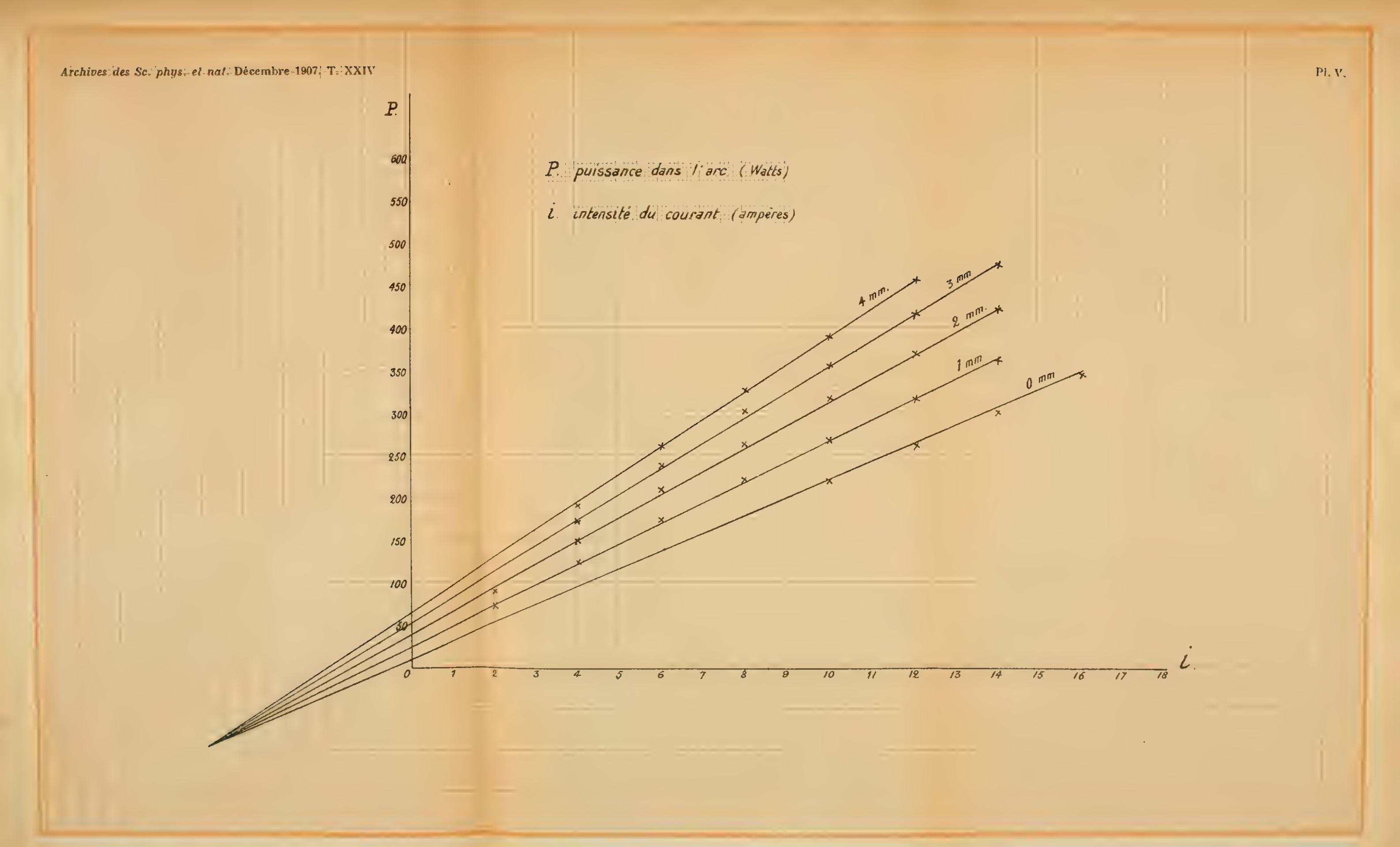
2 mm.

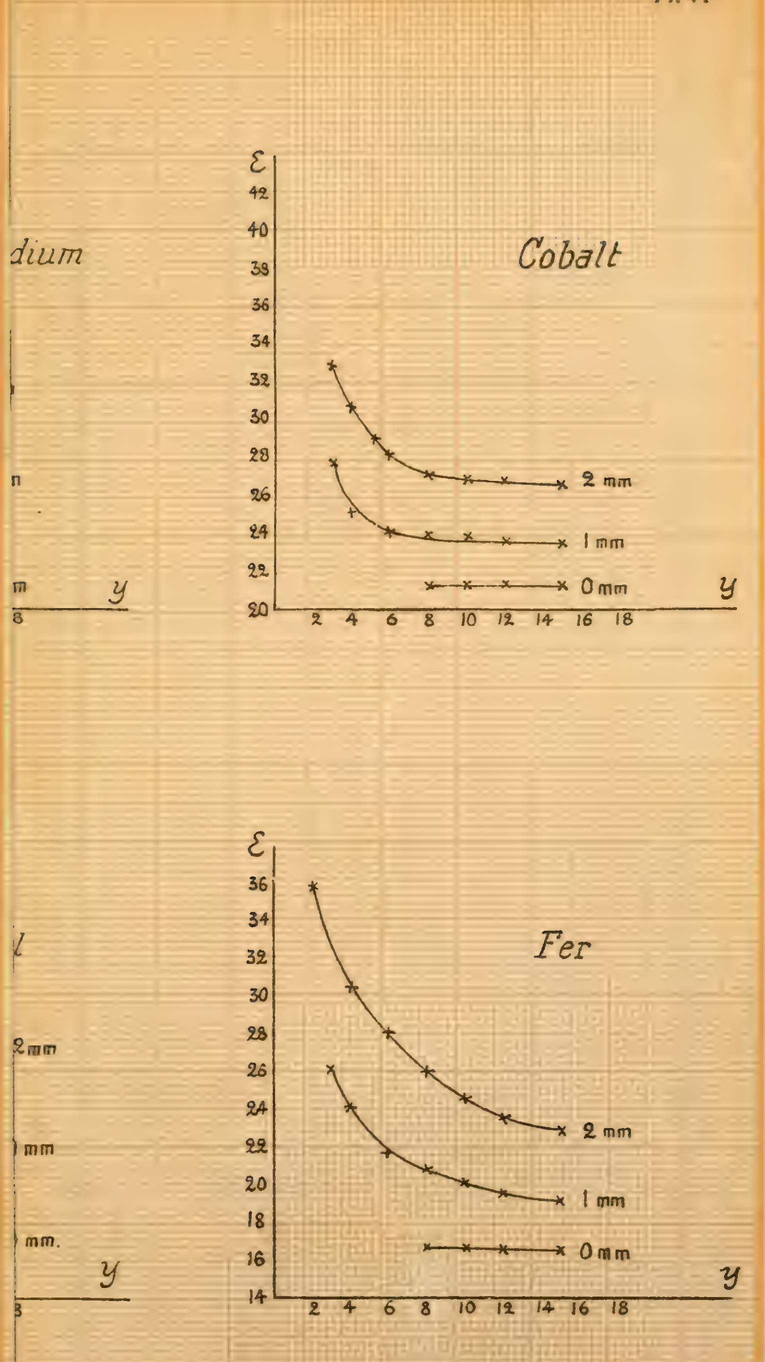
1 mm

0 mm.

i.

13 14 15 16 17 18


P
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
P puissance dans l'arc (Watts)
i intensité du courant (ampères)
4 mm.
3 mm
2 mm.
1 mm
0 mm
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
i


dium
n
m
y
8
Cobalt
ε
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
2 mm
1 mm
0 mm
y
2 4 6 8 10 12 14 16 18
l
2mm
mm
mm.
y
8
Fer
ε
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
2 mm
1 mm
0 mm
y
2 4 6 8 10 12 14 16 18

Cuivre

4 mm.
3 mm.
2 mm.
1 mm.
0 mm

ε
y

Argent

2 mm.
1 mm.
0 mm

ε
y

Palladium

2 mm
1 mm
0 mm

ε
y

Cobalt

2 mm
1 mm
0 mm

ε
y

Platine

2 mm.
1 mm
0 mm.

ε
y

Or

2 mm.
1 mm
0 mm

ε
y

Nickel

2 mm
1 mm
0 mm.

ε
y

Fer

2 mm
1 mm
0 mm

ε
y

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME VINGT-QUATRIÈME

(4me PÉRIODE)

1907. — Nos 7 à 12.

Pages

Compte rendu des séances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles.

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Société de chimie de Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

PHYSIQUE

CHIMIE

BOTANIQUE

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1907, Tomes XXIII et XXIV (Quatrième période)

C

F

G

H

I

J

S

